MANUEL DE LA METALLURGIE DU FER, PAR C.J.B. KARSTEN, ... TRADUIT DE...





BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio




Palchetto

Num.° d'ordine 2 28

R. BIBLIOTECA NAZIONALE VITT. EM. III
B. Prov.
I
747
NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MANUEL

DE LA

MÉTALLURGIE DU FER.

Digitized by Google

Se trouve aussi

A PARIS,

Chez Malher et C[ie], passage Dauphine, n° 1.
Anselin, rue Dauphine, n° 9.
F. G. Levrault, rue de la Harpe, n° 81.
Bachelier, quai des Augustins, n° 55.
Carillan-Goeury, quai des Augustins, n° 41.

A STRASBOURG,

Chez F. G. Levrault, rue des Juifs, n° 33.

A BESANÇON,

Chez Bintot, Libraire.

METZ. — LAMORT, IMP. DE L'ACADÉMIE ROYALE.

Digitized by Google

60697h
SBN

MANUEL

DE LA

MÉTALLURGIE DU FER,

PAR

C. J. B. KARSTEN,

CONSEILLER SUPÉRIEUR ET INTIME DES MINES DE PRUSSE, CHEVALIER DE LA CROIX DE FER, MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE BERLIN, ET DE PLUSIEURS AUTRES SOCIÉTÉS SAVANTES;

TRADUIT DE L'ALLEMAND

PAR

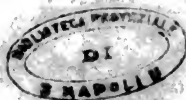
F. J. CULMANN,

CAPITAINE D'ARTILLERIE ATTACHÉ AUX FORGES DE LA MOSELLE, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, CHEVALIER DU MÉRITE MILITAIRE ET DE LA LÉGION-D'HONNEUR, MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE METZ.

SECONDE ÉDITION

ENTIÈREMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE SUR LA SECONDE ÉDITION DE L'ORIGINAL.

TOME TROISIÈME.



METZ,

Mme THIEL, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE, DE L'ÉCOLE ROYALE D'APPLICATION DE L'ARTILLERIE ET DU GÉNIE, DU BULLETIN UNIVERSEL DES SCIENCES.

1830.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

PAR ORDRE DE PARAGRAPHES.

CINQUIÈME SECTION.

DU FER DUCTILE.

Digitized by Google

PREMIÈRE DIVISION.

DE LA PRÉPARATION DU FER DUCTILE.

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE.

DE L'AFFINAGE OPÉRÉ DANS DES FEUX DE FORGE.

DE L'AFFINAGE A L'ALLEMANDE.

Digitized by Google

* Terme d'ouvriers.
** *Idem*.

DES PROCÉDÉS D'AFFINAGE DÉRIVÉS DE LA MÉTHODE ALLEMANDE.

Digitized by Google

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DE BOHÊME ET DE MORAVIE.

Brechsmiede.

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE PULVÉRISÉE.

DU MAZÉAGE DE STYRIE.

DU MAZÉAGE DE SOUABE.

DE LA PRÉPARATION DE LA FONTE DESTINÉE POUR L'AFFINAGE.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DANS LES FOURS A RÉVERBÈRE.

Digitized by Google

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINÉRAIS, SELON LA MÉTHODE CATALANE ITALIENNE.

DE L'AFFINAGE DE LA FERRAILLE.

DE LA RÉDUCTION DES SCORIES.

DE LA CORRECTION DES FERS VICIEUX.

Digitized by Google

DEUXIÈME DIVISION.

DU DÉGROSSISSEMENT DU FER.

DES FERS PLATINÉS.

DES FENDERIES.

DE LA FABRICATION DU FIL D'ARCHAL.

Digitized by Google

Digitized by Google

SIXIÈME SECTION.

DE L'ACIER.

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ACIER.

INFLUENCE DE LA NATURE DES MATIÈRES PREMIÈRES SUR LES QUALITÉS DE L'ACIER.

DE LA PRÉPARATION DE L'ACIER PAR L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINERAIS.

Digitized by Google

DE LA PRÉPARATION DE L'ACIER PAR L'AFFINAGE DE LA FONTE.

DU RAFFINAGE DE L'ACIER.

DE L'ACIER DE CÉMENTATION.

Digitized by Google

DE L'ACIER FONDU.

DE LA TREMPE.

Digitized by Google

DE L'ACIER DAMASSÉ.

FIN DE LA TABLE DU TROISIÈME VOLUME.

Digitized by Google

ERRATA.

Pag.	Lig.		Lisez.
2 —	11	le carbone	le carbure.
53 —	2	en	on.
54 —	23	vent	veut.
63 —	34	coupe	loupe.
67 —	2	la décarburation	le départ.
107 —	4	de la fonte soit qu'on traite	de la fonte qu'on traite, soit.
111 —	20	d'offirir	d'offrir.
123 —	17	pouvent	peuvent.
133 —	7	rouge de fer	rouge de feu.
139 —	22	Suabe	Souabe.
248 —	23	capicité	capacité.

SUPPLÉMENT A L'ERRATA DU 1er VOLUME.

Pag.	Lig.		Lisez.
306 —	18	phosphorique	sulfurique.
467 —	1	entre 80 et	entre 50 et.

Digitized by Google

MANUEL

DE LA

MÉTALLURGIE DU FER.

CINQUIEME SECTION.



BIBLIOTECA PROVINCIALE DI NAPOLI

DU FER DUCTILE.

1093. Les minérais contiennent toujours le fer à l'état d'oxide libre ou combiné avec d'autres substances. L'entière décomposition de l'oxide ne peut avoir lieu qu'à une haute température et par l'action du carbone. Lorsque ce dernier est en excès, ce qui a lieu dans toutes les opérations métallurgiques, il se forme un autre composé dont l'existence est due à l'affinité du métal pour le réactif, et ce nouveau corps ne peut céder son carbone qu'à l'oxigène aidé de la chaleur rouge (315). Il s'ensuit que le travail se divise en deux opérations bien distinctes : la première a pour but de chasser l'oxigène, et la deuxième de se débarrasser du carbone. Si par conséquent le traitement des minérais avait lieu sans la présence de l'oxigène, le résultat serait toujours du fer cru.

1094. La fonte n'est connue que depuis quelques siè-

Digitized by Google

cles, tandis que le fer forgé était en usage dans l'antiquité la plus reculée. Ces faits divers sembleraient contradictoires, si l'on ne savait que dans toutes les opérations usitées chez les anciens, le fer cru passait à l'état de fer ductile au moment même où il était formé. Les phénomènes qui accompagnent la réduction des minérais de fer par le carbone, ont déjà été exposés dans la première, la troisième et la quatrième section. Il en résulte que dans les opérations en grand où le carbone se trouve toujours en excès, ce corps entre en combinaison avec le fer réduit. Le carbone obtenu se trouve ensuite décomposé et donne lieu, selon le degré de température employé, à la formation de la fonte grise, des diverses espèces de fonte blanche plus ou moins carburée, du fer aciéreux ou même du fer ductile.

1095. Il existe deux moyens de préparer le fer ductile: on peut ou lier ensemble les deux opérations, chasser l'oxigène des minérais et brûler le carbone de la fonte; ou bien les séparer, se borner d'abord à réduire les minérais et traiter plus tard le produit obtenu. Dans le premier cas, le résultat immédiat du travail est le fer forgé; dans le deuxième, c'est la fonte qu'on soumet ensuite à l'affinage (329), pour en retirer le fer ductile.

1096. Si l'on veut préparer le fer ductile immédiatement avec les minérais, il ne suffit donc pas de les réduire; on doit en outre brûler le carbone du fer cru. Pour y réussir, on doit traiter les minérais au milieu de charbons embrasés, produire une *réduction incomplète,* de manière que la masse présente un mélange de fer oxidé et de fer carburé, opérer dans de larges foyers, présenter le métal successivement au courant d'air et entretenir la température au-dessous du point de fusion de la fonte, afin qu'elle

Digitized by Google

ne puisse, en passant à l'état liquide, se dérober trop promptement à l'action du courant d'air.

Les conditions essentiellement nécessaires au succès de cette opération, sont des fourneaux bas et larges : bas, afin que la réduction n'ait pas lieu trop tôt et qu'il ne puisse en résulter des engorgemens, eu égard au faible degré de chaleur qui doit régner dans ces foyers; larges, afin que la fonte puisse offrir une grande surface à l'influence de l'air. Ces foyers prennent le nom de *stuckofen*, si la fusion a lieu au-dessus de la tuyère; dans le cas contraire, ce sont des feux dits *à la catalane*. Nous avons déjà parlé du travail des stuckofen (734 à 736).

Ce qui distingue les feux d'une manière caractéristique des fourneaux, c'est que les premiers n'ont point de cuve; les matières ne descendent pas par couches alternatives devant la tuyère; le minérai mêlé avec le charbon se trouve réduit successivement, et le métal est séparé des substances oxidées, au milieu ou au-dessous du courant d'air qui, pour cet effet, reçoit une forte inclinaison. Dans les fourneaux, la nature du produit dépend surtout de la chaleur qui y règne et du rapport qui a lieu entre la dose de minérais et les proportions de charbon : dans les feux, le rapport de la dose des minérais à celle du combustible, est moins important; tout dépend du travail de l'ouvrier, qui expose plus ou moins long-temps à l'action du courant d'air les morceaux de minérais réduits partiellement. Ce genre de travail n'a pas lieu dans les fourneaux. Ainsi la nature du résultat n'est due qu'au rapport de la quantité de fer réduit et carburé à celle qui n'a pas encore subi l'action du réactif. En travaillant dans les feux de forge, c'est l'ouvrier lui-même qui règle ce rapport; il augmente à son gré la quantité d'oxide, lorsque la réduction est trop avancée, et que la séparation des matières ne peut plus s'effectuer. Il en résulte que les feux ne peuvent pas être activés par

Digitized by Google

des courans d'air libre. Si par conséquent on trouve quelque part des traces de feux de forge, on est autorisé d'en conclure qu'à l'époque où ces foyers furent en activité, on connaissait l'usage des machines soufflantes.

1097. Les feux dans lesquels on traite les minérais pour en obtenir immédiatement du fer affiné, seront désignés dorénavant sous le nom de *feux à la catalane*; ceux dans lesquels on traite la fonte pour en retirer du fer ductile ou de l'acier, s'appelleront *feux d'affinerie*. Placés les uns et les autres au-dessous d'une cheminée, dans l'intérieur d'une usine, et composés d'un creuset qui reçoit l'air d'une machine soufflante par une tuyère, ils ont entre eux quelque ressemblance quant à leurs dispositions principales.

1098. Lorsque les minérais sont traités pour fonte, on affine cette dernière dans des feux d'affinerie ou bien dans des fours à réverbère, qui ne diffèrent pas essentiellement de ceux qui servent à liquéfier le fer cru. L'oxigène qui doit décarburer la fonte arrive dans ces fours par un tirage naturel; tandis qu'il est lancé au moyen d'une machine dans les *feux*, où il doit opérer à la fois l'embrasement du combustible, la fusion et la décarburation du métal. Considéré comme réactif, l'oxigène agit dans l'affinage de deux manières différentes : *il se porte à la fois sur le carbone de la fonte et sur le métal qu'il oxide partiellement; l'oxide formé, se trouvant en contact avec la fonte, la décarbure, en cédant une partie de son oxigène.*

1099. Le fer ductile ne fond pas à la température ordinaire des foyers d'affinerie. Quant à la fusibilité du fer carburé, elle est proportionnelle à la quantité de carbone contenue dans le métal. Privé de cette substance peu à

peu, le fer cru, liquide d'abord, s'épaissit de plus en plus, et finit par se figer, bien qu'on élève la température. C'est cette propriété du fer, d'être infusible à la plus forte chaleur des foyers de forges, qui est cause de l'énorme déchet que subit ce métal, soit qu'on opère sur les minérais dans les feux catalans, soit qu'on traite la fonte au feu d'affinerie: dans l'un ou l'autre cas l'opération ne peut s'achever que par la présence d'une grande quantité d'oxide qui est nécessaire pour agir sur la masse, à mesure qu'elle se solidifie et qu'elle offre moins de prise au réactif.

Si le fer ductile ne peut se couler, il est possible néanmoins de lui donner à une haute température toutes sortes de formes en soudant plusieurs pièces ensemble. Il résulte du grand nombre des méthodes qu'on suit pour préparer le fer ductile, que les produits bruts de ces diverses opérations doivent avoir des dimensions très-variées. Ces masses portent le nom de *loupes*, de *lopins*, de *massets*, etc., etc.

Le poids des loupes peut s'élever quelquefois de 100 à 150 kilog., tandis que les lopins n'en pèsent souvent que 10. On ne pourrait travailler le fer dans les forges de maréchal, sous une forme si incommode; il deviendrait trop dispendieux de chauffer ces grosses masses et de les amincir: il faut donc y procéder dans les usines mêmes.

La compression qu'on fait éprouver au fer pour le dégrossir, en dégage d'ailleurs les dernières parties de scories qui peuvent s'y trouver encore à l'état de mélange. Pour cet effet on le forge sous de gros marteaux, ou bien on le passe entre deux cylindres qui lui donnent la forme voulue. Bien forgé, le fer plaît à l'œil; on sait d'ailleurs que mal affiné, il a souvent des pailles et se crique sur les arêtes: la netteté des barres est presque toujours un signe de bonne qualité; à moins que les minérais souillés de phosphore ne donnent du fer cassant à froid qui, se

Digitized by Google

forgeant très-bien, offre toujours une belle apparence. Ajoutons encore que les chaudes successives suivies de l'action des machines comprimantes, produisent un excellent effet sur la qualité du fer, surtout lorsqu'il a été mal affiné ou qu'il se trouve chargé de silicium. Cependant ce n'est pas précisément de l'action chimique qu'il est ici question; nous voulons parler de la ténacité que le fer acquiert par le rapprochement, par la compression de ses particules, et par l'expulsion des matières étrangères, ou scories mêlées au métal *.

1100. Aussitôt que les loupes, lorsqu'elles sont très-fortes, ont été enlevées du feu, on les coupe en plusieurs lopins qu'on étire ensuite. Quand on se sert de cylindres au lieu de marteaux, on ne fait que des pièces qui puissent passer par les cannelures.

On voit d'après cela, que l'art de comprimer le fer et de lui donner une forme voulue, fait une partie essentielle de la sydérurgie. Les dimensions des barres dépendent de l'usage auquel on les destine; souvent elles sont

* Le fer imparfaitement affiné, subit par le forgeage et par les chaudes successives, une opération chimique des plus rapides et des plus énergiques. La promptitude avec laquelle il s'épure est due probablement à l'effet combiné de la compression et de la chaude. Il paraît que l'ébranlement occasionné par les coups de marteau favorise le mouvement du carbone, qui se porte de l'intérieur de la masse à la surface où il est brûlé. Les forgerons qui connaissent leur métier, replacent dans le feu des *maquettes* mal affinées, après qu'elles ont reçu 5 à 6 coups seulement, les retirent un instant après et répètent cette manœuvre plusieurs fois: le choc du marteau, la dilatation produite par la chaleur, et le contact de l'air, se succédant avec rapidité, achèvent en peu de temps d'épurer le fer. Témoin plusieurs fois des effets surprenans qu'obtenaient par un moyen si simple, les ouvriers travaillant au charbon de bois, d'après les anciennes méthodes, nous avons essayé un moyen analogue pour améliorer les fers pudlés, et nous avons obtenu un plein succès. Le T.

Digitized by Google

déterminées par la routine suivie dans chaque pays. On classe tout le fer forgé en *fer carré* et en *fer plat.* Si les barres sont d'un faible échantillon, il faut plus de temps pour les étirer, et dans ce cas on sépare ce travail de celui de l'affinage d'autant plus qu'on est forcé alors d'employer d'autres cylindres ou des marteaux plus légers. On regarde donc l'étirage comme une opération à part.

La désignation des fers est basée sur les dimensions des barres qui varient d'un pays à l'autre, d'après les coutumes suivies, plutôt que d'après un but positif: le fabricant doit consulter les usages reçus.

1101. La compression du fer, la division des loupes en lopins et l'étirage de ces derniers, se pratiquent presque toujours au moyen de gros marteaux, lorsqu'on opère dans des feux et au charbon de bois; quand au contraire on affine la fonte à la houille dans des fours à réverbère, on emploie les cylindres pour étirer le fer, afin d'accélérer le travail.

DE L'ÉTIRAGE DU FER SOUS LES MARTEAUX.

1102. On désigne les marteaux d'après la manière de les mettre en mouvement. Il en existe trois espèces: le marteau à *soulèvement,* le marteau à *queue* ou à *bascule* et le marteau *frontal.* Quelle que soit du reste la méthode qu'on emploie pour soulever le marteau, le travail consiste toujours à placer le fer sur une enclume de manière qu'il reçoive les coups redoublés tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. L'enclume est presque toujours en fonte; mais le marteau est souvent en fer ductile, et porte alors une panne d'acier.

L'ordon, c'est ainsi qu'on appelle toute la charpente qui soutient le marteau, varie avec ce dernier et se désigne de de la même manière.

Digitized by Google

On peut assimiler les marteaux à soulèvement à un lévier dont le point d'application de la force se trouve entre le point fixe et la résistance. Si l'on divise le manche en trois parties, à compter de l'axe de rotation, les cames doivent le saisir au dernier tiers. La résistance est d'autant plus petite, que l'emplacement des cames ou *poucets* est plus près du marteau; mais ce dernier s'élève alors d'autant moins et l'effet en est diminué. La *volée* du marteau ou son plus grand écartement de l'enclume, est à peu près de 70 à 78 centim.; c'est à cette hauteur que les cames doivent l'élever.

On pourrait diminuer la longueur des cames en les rapprochant de l'axe fixe, ce qui semblerait diminuer la résistance qui doit être vaincue par la roue; mais le poids du marteau éloigné alors d'une plus grande distance du point d'application, augmenterait dans le même rapport.

On appelle *bogue, hulse* ou *hurasse*, un anneau de fonte large, fort, et pourvu de deux tourillons ou *cornes* d'une longueur inégale; c'est cet anneau qui embrasse le manche du marteau et dont les deux cornes, formant l'axe de rotation, reposent dans des crapaudines fixées dans des colonnes verticales. Il est évident que le manche doit être le plus près possible de l'arbre de la roue hydraulique, afin qu'on ne soit pas obligé d'agrandir inutilement les cames à l'extrémité desquelles pèse toute la résistance. C'est pour cette raison que l'une des cornes de la bogue, celle qui est tournée vers la roue hydraulique, se trouve plus courte que l'autre.

Le marteau lancé en l'air frappe contre une pièce de bois appelée *rabat*, afin qu'il ne puisse pas s'élever trop fortement et qu'il ne vienne retomber sur une des cames sans toucher l'enclume. Ce rabat, dont l'élasticité augmente la force du coup due à la hauteur de la chute, éprouve beaucoup de fatigue et doit être confectionné, ainsi que le

Digitized by Google

manche avec le meilleur bois; on les fait d'ordinaire en charme ou en hêtre. Le manche se trouve protégé à l'endroit où les cames le saisissent, par un collier de fer, la *braye*, qui diminue le frottement.

L'ordon ordinaire d'un marteau à soulèvement, tel qu'il est représenté par les figures 1 et 2 (Pl. I), doit se composer de quatre colonnes dont deux appelées *jambes*, soutiennent la bogue et dont les deux autres portent le rabat. Celles-ci sont placées de file; on désigne l'une sous le nom de *court-carreau* et l'autre, celle qui est le plus près de la roue hydraulique, sous celui de *longue attache*. Les coups réitérés du marteau feraient bientôt sortir ces pièces de leurs assemblages, si elles n'étaient par chargées d'un poids considérable; on emploie pour cet effet un gros arbre appelé *drome*, qui pèse par un des bouts sur le *court-carreau* et la *longue attache*, et s'appuie par l'autre extrémité sur un mur ou sur un poteau placé dans l'usine. Le rabat, qui traverse ordinairement le court-carreau, vient s'emmancher dans la longue attache, à tenon et mortaise, et s'y trouve retenu par des coins d'une manière invariable. La drome doit aussi peser sur les deux jambes assemblées par une semelle. Confectionnées en bois, celles-ci doivent avoir un encastrement pour les crapaudines, dans lesquelles se meuvent les cornes de la bogue. Ces crapaudines sont en fer coulé.

A l'état de repos, le manche doit être horizontal: il s'ensuit que la position des crapaudines est déterminée par la hauteur de l'enclume et par celle du marteau.

La table de l'enclume, au lieu d'être parallèle à l'arbre hydraulique, est tournée en dehors; afin que les cames ne puissent pas saisir les barres*: il est bien en-

* Et afin que les longues barres ne soient point arrêtées par le court-carreau. Le T.

Digitized by Google

tendu que la table de l'enclume et la panne du marteau, doivent se confondre parfaitement dans toute leur longueur *.

Pour donner à l'enclume une position très-solide, on la place ordinairement sur un billot de $1^m,88$ à $2^m,50$ de longueur, de 1^m, à $1^m,25$ de diamètre, appuyé lui-même sur un grillage, lorsque le terrain n'est pas très-ferme. Dans le billot appelé *stock*, on place une *chabotte* en fonte, et c'est dans cette chabotte que l'on consolide l'enclume au moyen de coins en fer; on peut lui donner de cette manière une position convenable jointe à une grande immobilité. Les billots élastiques usités anciennement sont aujourd'hui abandonnés, parce qu'ils étaient trop dispendieux et qu'ils manquaient de stabilité.

La construction des ordons exige beaucoup de bois : pour l'économiser on a d'abord fait les jambes et le court-carreau en fonte; bientôt après on a construit en fer l'ordon tout entier. La figure 3, Pl. I, présente un ordon de cette espèce vu de côté, et la figure 4 le fait voir de face. Ces sortes d'ordons sont introduits dans plusieurs forges de la haute Silésie.

Les ordons des marteaux à bascule sont plus simples que ceux dont nous venons de parler. Ces marteaux

---

* Il s'ensuit que le manche doit être entaillé, à moins que le marteau ne soit gauche. Lorsqu'on entaille le manche, on en diminue la force, ce qui est un grave inconvénient; parce que cette pièce de bois supporte une grande fatigue, et qu'on est déjà obligé de la changer souvent. Il vaudrait donc mieux que le marteau eût une forme gauche, telle que la projection de l'axe du trou qui doit recevoir le manche, fît un angle avec l'axe de la panne. Les ouvriers prétendent que cette forme trompe l'œil, et ne leur permet pas de forger les barres avec l'exactitude voulue; mais il est probable que c'est la routine qui trompe leur jugement. Quoi qu'il en soit, les marteaux gauches sont introduits dans beaucoup de forges. Le T.

Digitized by Google

peuvent être comparés à un levier dont le point d'appui est entre la force et la résistance. Le rapport de la longueur des deux branches comptées depuis l'axe de rotation, détermine à la fois, et la hauteur de la chute et le poids dont les cames sont chargées, lorsqu'on met le marteau en activité. Pour accélérer le mouvement ou pour obtenir un grand nombre de coups dans un temps donné, on raccourcit autant qu'il est possible, la branche pressée par les cames, afin qu'elles restent peu de temps engagées; mais la charge de la machine devient alors très-forte si les marteaux sont pesans. En augmentant la longueur de la branche pressée par les cames on ne parviendrait pourtant pas à produire le même effet qu'avec les marteaux à soulèvement, dont l'action est considérablement augmentée par l'élasticité du rabat. Il est vrai qu'on tâche d'y suppléer en plaçant sous l'extrémité du manche, une espèce de ressort: c'est une pièce de bois couverte d'une plaque de fonte. On empêche de cette façon que le bout du manche pressé par les cames ne vienne à trop s'abaisser et que, abandonné par l'une d'elles, il ne soit saisi par la came suivante avant que le marteau n'ait touché l'enclume ou la barre. De plus par cette disposition on augmente un peu la force du coup; mais l'effet de ce ressort est d'autant plus faible que l'une des branches, celle qui le frappe, est plus petite par rapport à l'autre.

On voit, d'après ce qui précède, que les gros marteaux doivent être à soulèvement, et les petits à bascule; parce que le point essentiel, quant à ceux-ci, c'est d'avoir un mouvement très-rapide. Cependant, pour éviter que le marteau ne soit saisi avant d'avoir frappé, on ne peut donner à la petite branche guères moins du tiers de la longueur que doit avoir la grande: la première se mesure depuis le point où elle est touchée par les cames jusqu'à

Digitized by Google

l'axe de rotation, et l'autre depuis cet axe jusqu'au marteau*.

Le nombre des coups fourni par minute, et celui des cames dont il faut armer l'anneau, sont déterminés par la volée du marteau, par le rapport qui existe entre les longueurs des deux parties du manche, par le rapport du diamètre de l'anneau à celui de la roue hydraulique, enfin par la vîtesse moyenne que cette dernière reçoit de la force motrice.

Si l'on voulait augmenter la volée et diminuer le rapport qui existe entre la distance du marteau à la *bogue* ou *hurasse* et celle de la hurasse aux cames, il faudrait espacer ces dernières davantage, parce qu'on obtiendrait un plus petit nombre de coups.

Les marteaux à soulèvement doivent être mus au moins par cinq cames, afin que la charge soit répartie plus également sur la roue.

Les ordons à bascule ne se composent, pour ainsi dire, que de deux montans ou jambes assemblées dans des semelles et consolidés par une traverse. On doit pouvoir y fixer solidement les crapaudines et les changer avec facilité. Si l'ordon est en fer, on satisfait à cette condition

* Les macas ou les marteaux à bascule employés dans les platineries, doivent avoir une rapidité de mouvement telle qu'ils puissent fournir 280 à 300 coups par minute. Pour produire cet effet on rend la queue de ces marteaux très-courte, afin qu'ils aient peu de chemin à parcourir. Si l'on voulait augmenter la longueur de la queue, il faudrait augmenter dans le même rapport la vitesse pour obtenir le nombre de coups voulu avec la même hauteur de chute : on ne gagnerait rien sous le rapport de la force motrice, puisqu'on serait obligé d'agrandir l'anneau qui porte les cames, dont le point d'application serait alors à une plus grande distance de l'axe de la roue hydraulique. L'agrandissement de la queue du marteau ne produirait donc aucun avantage. C'est pour cette raison, que dans nos forges on ne donne ordinairement à la queue des martinets que le sixième ou le septième de la longueur totale du manche. Le T.

Digitized by Google

en remplacant une des jambes par une espèce de levier mobile. Les manches de ces martinets sont souvent confectionnés en fer forgé.

La planche II (Fig. 1, 2, 3) représente un ordon en bois tel qu'il est exécuté dans les forges de Creutzburg. Les figures 4, 5, et 6 de la même planche présentent les dessins d'un ordon en fer pour un marteau à bascule. On y remarquera deux méthodes différentes qu'on peut employer, pour consolider les crapaudines dans les montans ou jambes.

Dans le comté de la Marche, on fait usage encore de certains ordons qui tiennent le milieu entre ceux que nous venons de décrire. La longue attache leur manque, et la drome est supportée par les deux jambes et la petite attache; mais ils ont deux courts-carreaux placés devant les jambes. Le rabat reposant entre les deux courts-carreaux sur une barre de fer forgé, est maintenu d'une manière invariable à l'aide de coins enfoncés du haut en bas. La bogue ne diffère pas de celle des marteaux à bascule. Ces ordons nécessitent de fréquentes réparations.

Le *marteau frontal*, que les cames saisissent par la tête, est aussi un marteau à soulèvement; il se distingue par son poids qui varie entre 3 et 4 mille kilogrammes. Tout le marteau, le manche compris, est en fer coulé. Sa volée dépasse rarement 16 centim. Il n'est pourvu d'aucune espèce de ressort, ne devant agir que par sa masse. On fait usage de ces marteaux pour cingler les loupes qu'on obtient dans les fours pudlings. Avant de passer ces loupes sous les cylindres préparatoires, pour les étirer en barres carrées et ensuite en barres plates, on les comprime dans la plupart des usines sous le marteau frontal, afin de leur donner plus de consistance.

Depuis peu de temps on a changé la manière de soulever ces énormes marteaux, qui pèsent souvent 4 à 5 mille

Digitized by Google

kilogrammes; les cames les saisissent maintenant par une oreille ménagée au manche, très près de la tête : l'enclume devient alors parfaitement libre, ce qui est un grand avantage. Modifiés de cette manière, ces marteaux rentrent dans la classe des marteaux à soulèvement dont nous avons déjà parlé.

La panne du marteau frontal entre dans le manche par frottement, au moyen d'un tenon arrêté par des coins. Cette panne ainsi que la table de l'enclume présente la forme d'une croix, afin qu'elle puisse servir à la fois au cinglage et à l'étirage du fer, si les circonstances l'exigent*.

DE L'ÉTIRAGE DU FER ENTRE DES CYLINDRES.

1103. Depuis qu'en Angleterre l'affinage de la fonte dans les fours pudlings a remplacé les anciennes méthodes, on a été forcé de recourir à des moyens plus expéditifs pour étirer le fer. Les cylindres qui, dans leur origine, ne servaient qu'à laminer la tôle, ont alors été employés avec

* Le manche de ces marteaux a la forme d'un T. Aux deux extrémités de la branche transversale se trouvent les tourillons qui sont en couteaux ou de forme cylindrique. Ils se meuvent ou dans des empoises en cuivre enchassées dans une ferme en fonte qui sert de support, ou simplement dans un encastrement ménagé dans cette ferme.

Le poids de ces marteaux y compris le manche, s'élevait anciennement à 4 ou 5 mille kilog.; mais on a reconnu depuis que cette masse énorme entraînait à de graves inconvéniens et occasionnait de fréquentes ruptures. On a donc réduit leur dimension en laissant subsister un renflement au milieu du manche, pour raison de solidité. Aujourd'hui leur poids est le plus souvent de 2500 kil. Les supports sont deux pièces de fonte, coulées chacune de manière à présenter deux ouvertures, qui lui donnent la figure d'un trépied dont les trois branches sont liées en bas par une traverse.

La panne du marteau est un carré offrant deux reliefs parallellipipèdiques qui se croisent, de manière que sans changer de place on peut cingler la loupe, la refouler, étirer et forger le fer. Le T.

Digitized by Google

succès pour convertir en barres les pièces ou les lopins. Ces cylindres sont entaillés de manière que la pièce passe par une série de cannelures d'un calibre décroissant et dont la dernière a les dimensions exactes de la barre qu'on veut obtenir.

Le châssis ou *la cage* dans laquelle se meuvent les cylindres, se compose soit de deux fermes dont chacune est coulée d'une seule pièce, soit de quatre piliers isolés, qui sont ordinairement en fer forgé et qui entrent solidement dans les plaques de fondation qu'on fait aussi en fer ductile. Les coussinets qui supportent les tourillons des cylindres se placent entre les piliers qui sont liés deux à deux par une traverse à leur extrémité supérieure. Dans les cages de la première espèce, cette traverse est coulée d'une seule pièce avec les deux montans et avec les plaques de fond. Cependant lorsque la cage est petite, comme celle des fenderies par exemple, on rend la traverse mobile, lors même que les deux montans et la plaque de fondation sont coulés en une seule pièce : cette disposition devient nécessaire pour faciliter le changement ou le remplacement des systèmes de taillans appelés *trousses*.

Les cages à piliers sont plus dispendieuses que les cages à ferme qui les ont remplacées dans la plupart des usines : les premières ne se rencontrent plus que dans des tôleries où d'ailleurs on emploie très-fréquemment les châssis à fermes coulés en fonte.

Il est essentiel que les plaques de fer de toutes les cages de laminoirs ou de cylindres soient liées aux fondations de la manière la plus solide. Il est aussi de la plus haute importance que les cylindres cannelés qui servent à l'étirage du fer soient bien ajustés de manière que les entailles se correspondent exactement ou que les reliefs de l'un des cylindres entre avec précision dans les cannelures de l'autre.

Il faut, dans le plus grand nombre des cas, que l'une

Digitized by Google

des fermes puisse être écartée ou rapprochée de l'autre avec facilité. Cette disposition est indispensable quand on veut employer des systèmes de cylindres de longueurs différentes : il faut y avoir égard en posant les fondations de la machine. Dans la fabrication de la tôle, on ne doit employer que des cylindres d'une longueur correspondante à la largeur des feuilles qu'on veut fabriquer ; parce que les cylindres très-longs sont beaucoup plus dispendieux que les courts. Pour ce qui est du fer en barres, on est souvent obligé de se servir de cylindres plus ou moins longs, selon les dimensions des barres qu'on veut obtenir ; c'est principalement le cas des usines qui fabriquent des échantillons particuliers, qu'on ne peut trouver dans le commerce ; car chaque barre doit passer successivement par un nombre de cannelures déterminé, pour acquérir les dimensions voulues. Si l'on ne pouvait déplacer l'une des fermes, on serait souvent dans l'impossibilité d'exécuter certaines commandes.

Le déplacement des fermes n'est pas très-nécessaire pour la fabrication du fer carré, si toutefois les cylindres sont assez longs pour porter une série de cannelures qui décroissent de la même manière que les échantillons de fer, depuis les dimensions les plus grandes jusqu'aux plus petites. Il n'est pas nécessaire non plus que les fermes des cylindres dégrossisseurs ou préparateurs puissent être rapprochées ou écartées. Ces cylindres reçoivent la loupe cinglée sous le marteau, l'étirent d'abord en barres carrées, et ensuite en barres plates qui ont des dimensions constantes, et qui, coupées à une longueur déterminée, réunies en trousses et soudées ensemble, forment les bâtards ou bidons avec lesquels on fabrique le fer en barres.

Le plus souvent on ne met que deux cylindres dans une seule cage ; de manière que les feuilles de tôle ou les barres de fer soient toujours insérées par le même ouvrier

Digitized by Google

et du même côté entre les cylindres; l'ouvrier qui les reçoit les passe au premier qui les pousse de nouveau dans les cannelures et ainsi de suite: les barres épaisses en sortent souvent rouge blanc, après y avoir passé douze à quatorze fois. Lorsque les barres sont minces et longues, elles finiraient par se refroidir si les cylindres n'étaient pas annimés de la plus grande vitesse: pour ce genre de fabrication, que dans les usines on appelle celle du petit mil, ils doivent faire au moins 180 tours par minute; et dans ce cas, on en place fréquemment trois dans une seule cage, afin qu'on puisse insérer les barres des deux côtés, entre les cylindres, et que l'un des ouvriers ne soit pas obligé de les repasser à l'autre.

Le cylindre inférieur, mis en communication avec la force motrice, donne le mouvement au cylindre supérieur, au moyen d'un pignon; de cette manière ils tournent en sens inverse.

Les tourillons du cylindre inférieur reposent sur des coussinets, qui s'appuient sur les plaques de fond; deux autres coussinets recouvrent ces tourillons et servent ensuite d'appui aux tourillons du cylindre supérieur; enfin deux vis de pression les maintiennent. — Si les laminoirs servent à la fabrication de la tôle, les deux coussinets de chaque tourillon du cylindre supérieur se lèvent avec ce dernier, lorsque l'épaisseur de la trousse le force de s'écarter du cylindre inférieur. Pour cet effet ces coussinets sont traversés par deux barres de fer CC Fig. 4, et *hh* Fig. 5 (Pl. III).

Dans la fabrication du fer en barres et du fer fendu, les cylindres sont maintenus l'un contre l'autre au moyen d'une vis de pression, de manière qu'ils ne puissent s'écarter. Il n'en est pas de même pour la fabrication de la tôle; on est obligé de laisser au cylindre supérieur un certain jeu, qu'on règle fréquemment en tournant plus

Digitized by Google

ou moins la vis. Or il est évident que le cylindre supérieur retombe alors de tout son poids sur le cylindre inférieur après le passage de la trousse de tôle, ce qui n'est pas sans inconvéniens pour de gros cylindres. On y remédie au moyen de contre-poids ainsi qu'on peut le voir par la Fig. 1, 2, 3 et 4 (Pl. IV). Ces contre-poids, agissant à l'extrémité de leviers, sont placés au-dessous des fermes dans les fondations; on pourrait aussi faire des dispositions telles qu'ils fussent au-dessus du sol.

Il faut que les cylindres soient mis dans la cage de manière que leurs axes se trouvent dans le même plan vertical, passant par le milieu du chapeau. Cette condition est indispensable pour la fabrication du fer forgé et du fer fendu, parce que les cannelures ou les taillans doivent se correspondre avec une grande précision. On ne pourrait confectionner ni les coussinets ni les fermes avec assez d'exactitude pour atteindre ce but, sans qu'on eût besoin de régler la position du cylindre inférieur par des vis, par des coins ou par tout autre moyen. Les cylindres qui servent à laminer la tôle, n'exigent pas, sous ce rapport, les mêmes précautions, parce que leur surface ne présente ni creux ni reliefs correspondans.

Pour diminuer le frottement et pour empêcher que les boutons des roues ne s'usent trop vite, on encastre dans les coussinets qui sont en fonte, des empoises en cuivre jaune; il suffit que ce dernier métal ait 13 à 14 millimètres d'épaisseur. On atteint le même but au moyen d'une disposition très-simple, indiquée par la figure 6 et 7 (Pl. III). A est la section du tourillon; B celle du coussinet; *n*, *n*, *n* sont les endroits où le tourillon frotte contre le coussinet: à ces endroits on a ménagé des vides dans lesquels on insère trois bâtons de cuivre jaune, pourvus d'ailleurs d'une tête qui les empêche de se mouvoir et qui facilite leur remplacement lorsqu'il est devenu nécessaire.

Digitized by Google

Les vis de pression qui arrêtent la position des cylindres, ne se dérangent jamais, lorsqu'on étire le fer dans les cannelures. On pourrait donc les remplacer par des coins qui maintiendraient les coussinets supérieurs dans une position invariable. Mais la vis offre pour cet objet un moyen très-bon et très-simple, qui d'ailleurs devient nécessaire pour la fabrication du fer à cercles, qu'on étire le plus souvent entre des cylindres unis.

Dans la fabrication de la tôle, on est obligé de régler à chaque instant l'écartement qu'on laisse prendre au cylindre. Il s'ensuit que les vis qui servent pour cet objet, doivent être confectionnées avec beaucoup d'exactitude et jouer dans des écrous en cuivre jaune : on a employé aussi avec succès le zing coulé. Les cages à colonnes sont construites de manière que ces dernières se terminent en vis, et dans ce cas les écrous sont mobiles.

Les vis de pression qu'on emploie pour les cylindres cannelés, peuvent se couler en fonte et recevoir un pas très-grand, puisqu'ils ne doivent servir qu'à maintenir les coussinets dans une position constante. C'est pour cette raison que les écrous mêmes peuvent être en fer coulé.

Les cages à fermes ne sont munies que de deux vis, lors même qu'elles servent pour les découpoirs de fenderie : il arrive souvent que ces cages de fenderie sont pourvues de traverses mobiles, qui permettent de changer les trousses avec beaucoup de facilité (Pl. V). Ce genre d'équipage tient le milieu entre ceux dont nous avons déjà parlé. Les cages à colonnes sont munies ordinairement de quatre vis, et dans ce cas ce sont les écrous qui règlent l'écartement des cylindres. (Pl. IV, Fig. 1, 2, 3 et 4).

La confection et la forme des cylindres dépendent de l'usage auquel on les destine : ceux qui servent à la fabrication de la tôle doivent être bien polis et très-durs (971 et 1017). Leur longueur varie avec celle des feuilles

Digitized by Google

de tôle entre 0m,50 et 2 mètres, et leur diamètre entre 0m,25 et 0m,60. L'expérience a prouvé que les cylindres très-gros écrasent le fer plus que ne le feraient des cylindres d'un moindre diamètre, qui dans les mêmes circonstances l'étireraient davantage dans le sens de la longueur.

Les cylindres cannelés, préparateurs et ceux qui servent à opérer la soudure des trousses pour la fabrication du fer en barre, ne doivent pas avoir moins de 0m,36 de diamètre: plus faibles ils étireraient le fer plus qu'ils ne le comprimeraient et produiraient alors des pailles et des solutions de continuité: on leur donne le plus souvent de 0m,40 à 0m,48 de diamètre, et une longueur qui varie entre 1m,20 et 1m,40.

Les cylindres préparateurs au moyen desquels le fer est comprimé et converti d'abord en gros bidons carrés, ensuite en barres plates qui, coupées et réunies en trousses, forment les véritables bâtards avec lesquels on fait le fer marchand; ces cylindres, dis-je, ne se tournent pas avec l'extrême précision qu'on met à la confection de ceux qui servent à l'achèvement des barres.

Chaque équipage ou système de cylindres cannelés se compose toujours de deux cages, ou de deux paires de cylindres. Les deux premiers cylindres de l'équipage préparateur, servent à étirer les pièces en gros bidons quadrangulaires, qui sont converties tout de suite en barres plates par la deuxième paire de cylindres. Quand on travaille au charbon de bois, les lopins peuvent s'insérer tout de suite entre ces derniers.

La première cannelure des cylindres préparateurs est pourvue quelquefois de petites aspérités ou d'une dent Pl. III, Fig. 8, qui saisit le fer et l'entraîne dans son mouvement. Les cannelures de ces cylindres sont ordinairement coulées, on se dispense de les achever sur le tour;

Digitized by Google

les aspérités sont plutôt utiles que nuisibles. Au reste il est essentiel que les cannelures des deux cylindres se correspondent parfaitement.

La deuxième paire de cylindres appartenant à l'équipage préparateur sert à convertir les bidons carrés en barres plates. On les travaille sur le tour de manière que les reliefs de l'un correspondent très-exactement aux cannelures de l'autre. Les barres carrées qu'on obtient entre les deux cylindres de la première paire ont ordinairement 0^{m},08 d'équarrissage: pour amener la pièce à cette dimension, on la fait passer par un plus ou moins grand nombre de cannelures selon sa grosseur. Les aires des sections de ces cannelures doivent décroître dans le rapport de cinq à quatre; si leur décroissance était moins rapide, on perdrait du temps inutilement; dans le cas contraire on aurait beaucoup de peine à faire entrer le fer dans les cannelures. Quant à celles qui sont rectangulaires et par lesquelles on aplatit la barre, on fait bien de leur donner à toutes la même largeur, et de faire varier seulement leur profondeur, de manière que le fer, passant de la première à la dernière, soit seulement étiré dans le sens de la longueur et diminué dans celui de l'épaisseur. Pour convertir une barre qui aurait 8 centimètres d'équarrissage en une barre plate de 8 centimètres de largeur et de 13 millimètres d'épaisseur, il faudrait la faire passer dans sept à neuf cannelures, ayant toutes 8 centimètres de largeur et dont la profondeur diminuerait à peu près d'après une progression arithmétique.

L'équipage finisseur se compose aussi de deux cages ou de deux paires de cylindres: la première sert à souder la trousse et à la convertir en barres carrées; par la deuxième on confectionne le fer plat.

Les cannelures qui servent à la fabrication du fer carré sont entaillées par moitié dans chaque cylindre : l'une

Digitized by Google

et l'autre des entailles sont triangulaires, et de manière que les deux triangles se réunissant par la diagonale, forment le carré. Il est essentiel que ces cannelures soient parfaitement polies et confectionnées avec le plus grand soin; les aires de leurs sections doivent aussi diminuer dans le rapport de 5 à 4. On laisse entre les cannelures un certain espace; pendant le travail elles deviennent de plus en plus larges et leurs arêtes s'arrondissent; on pratique alors dans cet espace les petites cannelures appelées calibres.

La deuxième paire de cylindres appartenant à l'équipage finisseur, doit être tournée avec la plus grande précision; dans le cas contraire les barres n'offriraient point d'arêtes vives et les dimensions manqueraient d'ailleurs d'exactitude. C'est toujours dans le cylindre inférieur qu'on pratique la cannelure, tandis que le cylindre supérieur porte la côte ou relief, qui doit entrer dans l'entaille de la manière la plus exacte. Avant qu'elle ne soit réduite à l'épaisseur voulue, chaque barre, ainsi qu'on l'a déjà dit, doit passer par plusieurs cannelures rectangulaires de même largeur, mais d'épaisseur différente; il s'ensuit que la fabrication du fer plat exige un riche assortiment de cylindres.

La Pl. VI, Fig. 1 représente une paire de cylindres destinés à l'étirage des bidons de 8 centimètres en plusieurs espèces de barres carrées. Les cylindres de la figure 2 peuvent servir à l'étirage de trois échantillons de fer plat, dont l'un se fabrique dans les cannelures *aa*, le deuxième dans les cannelures *bb* et le troisième dans les cannelures *cc*; la Fig. 3, offre les dessins de deux petits cylindres, qui servent à la confection de fer plat très-mince, appelé ruban. Pour la fabrication de ces sortes d'échantillons, on donne souvent au cylindre supérieur des dimensions plus faibles que celles du cylindre inférieur, afin d'accélérer l'étirage: cependant ils doivent faire le même nombre de tours dans un temps donné.

Digitized by Google

Devant les cylindres, et au niveau de celui qui est en dessous, se trouve une table de fonte, échancrée suivant les cannelures; elle offre un point d'appui à l'ouvrier qui manie les pièces ou les barres, et lui facilite le moyen de les pousser entre les cylindres : des guides en fer assurent leur direction et empêchent que par erreur l'ouvrier ne fourre la barre dans une cannelure trop petite. — Du côté opposé se trouvent des pièces de fer en forme de coins; elles sont courbées et entrent dans les cannelures; leur fonction est de faire sortir les barres, et de les empêcher de se rouler autour des cylindres (voyez la Pl. III, Fig. 1). Lorsque les cannelures décroissent trop rapidement, la barre, serrée fortement dans ces entailles, pourrait donner lieu à des accidens très-graves, qu'on évite par les moyens que nous venons d'indiquer.

Il est essentiel que le fer mis entre les cylindres finisseurs soit chauffé au plus haut degré; afin que la barre soit encore rouge rose en sortant de la dernière cannelure.

1104. La Pl. III, Fig. 1, 2, 3 et 4, offre les dessins d'un équipage finisseur, construit aux forges de Rybnick; il est en activité depuis neuf ans, et n'a pas encore éprouvé d'accidens graves.

La Fig. 1 présente une coupe transversale de ces cylindres, y compris les fondations; elle fait voir les moyens qu'on a employés pour fixer invariablement les plaques de la cage; *aa* est le tablier sur lequel on appuie le fer qu'on veut introduire dans les cannelures; c'est sur ce tablier que sont adaptés les guides qui servent à lui donner la direction; *d* sont les pièces qui empêchent l'enroulement des barres autour des cylindres; *b* les vis; *c* les tringles qui maintiennent les coussinets.

La Fig. 4 présente une projection sur un plan perpendiculaire à l'axe; la Fig. 2, une projection verticale sur un

Digitized by Google

plan parallèle à l'axe; et la Fig. 3, une projection horizontale. On y remarquera d'un côté les pignons qui servent à donner le mouvement, et de l'autre les manchons au moyen desquels on peut engrener ou désengrener.

Les montans, la plaque de fond et la traverse ou le chapeau de chaque ferme, sont coulés d'une seule pièce: la traverse est pourvue d'ailleurs d'une ouverture pour recevoir l'écrou en cuivre jaune *d* Fig. 3.

La Fig. 5 offre la projection d'une cage de cylindre des forges de Walker-Colliery, près de Newcastle. *a* est la ferme; *c* sont les coussinets en fonte; *d* les empoises en cuivre jaune, qu'on fait identiques, de manière que l'une puisse remplacer l'autre; *f* est un support en fer battu qui porte une plaque de cuivre jaune *g*, sur laquelle roule le tourillon du cylindre supérieur; *i* est une vis de fer ductile qui tourne dans la fonte.

Les fondations de la cage sont en pierres de taille KK; immédiatement sur ces dernières se trouvent placés deux forts châssis en fonte *l*, *l*, fixés d'une manière invariable à des plaques de fondation *n*, *n*, par les boulons à écrous *pm*. C'est sur ces châssis que sont établies les fermes. Au-dessous des cylindres, correspond dans les fondations un canal ouvert par le haut; au fond de ce canal on a ménagé des ouvertures au moyen desquelles on peut atteindre aux écrous *p*, *p*.

Chaque ferme est assujettie aux châssis *l*, *l* par quatre vis *q*, *q* de manière que ces fermes peuvent être écartées ou rapprochées l'une de l'autre avec la plus grande facilité.

La planche IV offre les dessins d'un laminoir pour tôle, qui fonctionne depuis plusieurs années dans les forges de Rybnick; la cage est à colonnes.

La Fig. 1 présente la projection verticale du système, avec les fondations et les attirails qui doivent empêcher le cylindre supérieur de retomber sur l'inférieur, après qu'ils

Digitized by Google

ont été écartés par le passage de la trousse. L'arbre du volant fait mouvoir une cisaille par le mécanisme qu'indique la Fig. 5.

La Fig. 2 offre la projection horizontale; la Fig. 3 une projection avec les fondations, sur un plan perpendiculaire à l'axe, et la Fig. 4 une coupe de ce laminoir.

Les colonnes de la cage sont en fer forgé; elles entrent dans les plaques de fond percées à cet effet. Les contrepoids qui doivent amortir le choc des cylindres, peuvent être augmentés ou diminués à volonté, ce qui devient nécessaire quand on veut changer ces cylindres.

Les clefs des vis sont assujetties entre elles deux à deux; afin qu'on ne soit pas obligé de les tourner toutes les quatre, pour régler l'écartement qu'on laisse prendre aux cylindres. Il existe aussi des machines de cette espèce dans lesquelles les quatre vis sont mises entre elles en communication; de manière qu'en tournant l'une d'elles on fasse mouvoir les trois autres.

1105. Pour donner aux barres étirées entre les cylindres une plus belle apparence, on les chauffe au rouge dans quelques usines, et on les martelle afin de faire tomber la couche d'oxide et de rendre leurs arêtes plus vives: ce travail n'est pas nécessaire. Le plus souvent on se borne à redresser les barres avec un marteau de bois sur des bancs de fonte, après qu'elles sont sorties de la dernière cannelure; elles conservent assez de chaleur pour se prêter à cette opération, lorsque les cylindres sont animés d'une vitesse convenable.

Forgé à froid sous le marteau, le fer prend en général une belle couleur ardoisée, mais il en devient plus aigre et cesse de pouvoir supporter les épreuves. Ainsi, dans les usines où l'on travaille d'après les anciennes méthodes, il ne faut pas continuer le battage trop long-temps.

Digitized by Google

Si les barres étirées sont longues, on les pare souvent au rouge-brun, surtout à la *reprise ;* elles ne peuvent manquer alors de devenir très-cassantes, quelque bonne que puisse être la qualité du fer. Il est vrai que le recuit lui rend sa ténacité, tandis que le mauvais fer ne gagne rien à cette opération.

On a construit en Russie des fours à réverbères d'une forme particulière, pour y recuire à la fois de 500 à 1500 quintaux de fer en barres; on les chauffe avec du bois. C'est un excellent moyen d'empêcher que le bon fer ne soit confondu avec le mauvais par les personnes qui n'ont pas une grande habitude pour le reconnaître. Il serait bon de l'imiter par tout où le fer, aigri presque toujours par le battage, doit subir de fortes épreuves.

1106. Les corps étrangers, dont la combinaison avec le fer n'est pas encore suffisamment connue, ainsi que la petite quantité de carbone que ce métal retient toujours après l'affinage, en modifient les propriétés à l'infini. C'est ce qui a fait désigner les diverses espèces de fer par les qualifications de *tenace, dur, mou, cassant, fort, aigre,* etc. Mais on peut les considérer toutes sous deux points de vue: celui de la dureté, qui est modifiée par le carbone, et celui de la fragilité, que l'on doit attribuer à la présence des matières étrangères. Ces corps sont le plus souvent le silicium, le phosphore et le soufre; la combinaison de l'aluminium avec le fer paraît probable, mais elle n'est pas encore bien démontrée. On peut donc classer tous les fers de la manière suivante:

I. Fer dur. Il ne cède pas facilement à l'action du marteau et conserve long-temps sa texture grenue pendant le battage.

1° *Fer dur et fort* ou tenace. Ce fer peut se plier à froid et à chaud dans toutes les directions. Il jouit de la plus

Digitized by Google

grande ténacité, parce qu'il s'étend difficilement; sa dureté est due à la présence du carbone.

2° *Fer dur et aigre.* Il se forge mal, casse à froid par le choc, se comporte comme le fer mal affiné, bien qu'on ne puisse assurer que le carbone seul lui donne ces défauts; il est probable même qu'il les reçoit en partie des corps étrangers dont on ne peut le débarrasser complètement: c'est un fer à la fois rouverin et cassant à froid.

3° *Fer dur et cassant* (fer tendre). On peut le plier à chaud dans toutes les directions, mais il casse à froid: on l'appelle aussi pour cette raison, *fer cassant à froid.* C'est la manière d'être de tous les fers phosphoreux.

4° *Fer dur et rouverin.* On le ploie à froid, mais il casse à la chaleur rouge. Le soufre, et probablement aussi d'autres corps, lui donnent ce défaut: lorsqu'il le possède à un haut degré, il devient même cassant à froid.

II. Fer mou. Il cède facilement à la compression à froid; sa texture grenue se perd très-vite par le forgeage; elle est remplacée par un tissu nerveux.

1° *Fer mou et tenace.* On peut le plier à froid et à chaud dans toutes les directions. Ce fer, très-estimé d'ailleurs, s'étend facilement, étant soumis à une traction; c'est par cette raison qu'il est moins tenace que le fer fort et dur.

2° *Fer mou et aigre.* On le plie à chaud, mais il casse à froid: c'est le caractère du fer dit *surchauffé* ou *brûlé;* cependant ce dernier reprend sa ténacité étant soumis à une chaude grasse, suivie du forgeage sous le marteau. Il existe aussi du fer mou et aigre qui ne peut être corrigé de cette manière, lorsque le vice provient de la présence des corps étrangers, parmi lesquels on doit compter particulièrement *le silicium.*

3° *Fer mou et cassant.* On peut le forger à chaud et le ployer jusqu'à un certain point à froid, mais il ne résiste ni à un choc fort, ni à un poids considérable. Le fer lége-

Digitized by Google

rement tendre appartient à cette espèce, ainsi que les fers qui renferment encore une trop grande dose de silicium.

Le fer fort et mou est plus pur que le fer fort et dur; cependant on lui préfère celui-ci dont la qualité s'améliore par les chaudes, tandis que le premier se détériore plus facilement au feu. Ajoutons que le fer fort et dur, est plus dense, qu'il s'étire mieux en barres minces et qu'il résiste plus au frottement que le fer mou; mais, souillé accidentellement par un corps étranger, il devient plus cassant que l'autre, parce que l'aigreur est déjà une suite naturelle de sa dureté.

Si le fer mou, qui n'est guères disposé à devenir aigre, est pourtant cassant, on doit le juger comme étant d'une qualité extrêmement mauvaise; il se distingue par un nerf court d'une couleur sombre.

1107. L'épreuve qu'on fait subir au fer est un mal nécessaire dont le but est de contrôler le travail des ouvriers; en la poussant trop loin, on défigure les barres et l'on nuit à leur qualité. On éprouve le fer de la manière suivante :

1° Un homme saisit les barres des deux mains, les élève au-dessus de sa tête et les jette avec force contre une enclume dont la table est très-étroite. Les extrémités des barres sont ployées et reployées ensuite à l'endroit *des reprises.*

2° Quant aux barres lourdes, on les place à faux, on les frappe avec une masse dont la panne est étroite, on les courbe et on les redresse : cette épreuve est plus forte que la première.

3° En affinant par attachement, on doit essayer, comme nous venons de le dire, les barres provenant de la loupe. Si elles résistent, il devient inutile d'éprouver les autres; dans le cas contraire, il suffira de frapper celles-ci de champ contre l'enclume, parce qu'elles sont ordinairement très-minces.

Digitized by Google

Le fer qui résiste à ces épreuves ne doit laisser aucun doute sur sa ténacité. Si un certain nombre de barres cassent en plus de deux morceaux, le fer est mauvais. Mais il pourrait être de la meilleure qualité, lors même que plusieurs barres se seraient rompues en deux, puisque cet accident peut ne provenir que du martelage à froid ou d'un autre défaut purement accidentel. Il faut alors examiner les morceaux avec plus de soin, et les soumettre à de nouveaux essais.

Dans le comté de la Marche, on soumettait anciennement le fer dit Ossemund à une épreuve déterminée par des réglemens administratifs, et qui a été depuis introduite en Suède, par Stockentroem. Voici en quoi elle consiste : on introduit les barres dans une ouverture pratiquée dans une pièce de fonte enterrée au niveau du sol, un ouvrier abat la barre et la courbe de cette manière à angle droit, il la redresse, la courbe en sens inverse, et la redresse encore une fois. L'ouverture du bloc de fonte a des dimensions égales à celles de la barre que l'on calle d'ailleurs avec des petits morceaux de tôle.

1108. La métallurgie du fer ne consiste à la rigueur que dans la réduction des minérais et dans la conversion de la fonte en gros fer. Néanmoins, son dégrossissement, sa conversion en tôle et en fil d'archal, sont regardés comme faisant partie de l'art des forges. Ces opérations se font dans des usines particulières. Nous traiterons par conséquent dans la première partie de cette section, de l'art d'obtenir le métal, et dans la deuxième, de son dégrossissement.

Digitized by Google

PREMIÈRE DIVISION.

DE LA PRÉPARATION DU FER DUCTILE.

1109. On a déjà vu qu'on peut retirer le fer immédiatement de ses minérais ou fondre ces derniers dans les hauts fourneaux, et traiter ensuite la fonte pour en obtenir du fer ductile; nous appellerons la première de ces méthodes *affinage immédiat des minérais de fer*, et la deuxième *affinage de la fonte:* nous nous occuperons d'abord de celle-ci.

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE.

1110. Les nombreux procédés d'affinage se réduisent à deux méthodes bien distinctes: l'affinage opéré dans les feux de forge où le fer est en contact avec le charbon, et celui qu'on pratique dans les fours à réverbère où le métal n'est exposé qu'à l'action de l'air et de la chaleur. L'objet essentiel de l'affinage est d'enlever le carbone à la fonte; on devrait donc y parvenir d'une manière plus certaine dans les fours à réverbère; puisque, dans les foyers d'affinerie, le fer restant en contact avec le charbon, peut en absorber continuellement de nouvelles quantités. Le combustible, qui ne devrait servir qu'à élever la température et à désoxider les scories, s'oppose donc par son affinité pour le métal au but qu'on veut atteindre. Il s'ensuit que cette méthode sera toujours défectueuse, parce qu'on ne pourra jamais se débarrasser de tout le carbone contenu dans le fer, ou plutôt parce qu'on ne pourra empêcher que, tenu trop long-temps au milieu de ce combustible, le métal ne se carbure une seconde fois; c'est pour cette raison qu'une

Digitized by Google

adresse manuelle et un coup-d'œil exercé, contribueront plus au succès de l'opération, que ne pourraient le faire tous les conseils dictés par la théorie.

L'affinage dans les fours à réverbère serait parfait, si le fer pouvait perdre par l'action de l'air libre tout le carbone et toutes les matières étrangères dont il est souillé; mais il n'en est pas ainsi : le fer obtenu dans les fours à réverbère, loin d'être meilleur, est presque toujours plus mauvais que l'autre. Il paraît que les matières étrangères, telles que le soufre, les bases terreuses, le phosphore ou d'autres métaux, sont oxidés plus facilement par le courant d'air des machines soufflantes, et qu'on parvient alors à les séparer du métal d'une manière moins incomplète qu'on ne pourrait le faire par l'action d'un courant d'air libre. On s'est convaincu par expérience, que le fer rouverin et le fer cassant à froid peuvent se changer dans les feux d'affinerie en un fer d'une très-bonne qualité, au moyen des oxidations et des réductions successives, opérées par la présence simultanée de l'oxigène et du carbone. On pourrait donc obtenir dans ces foyers un bon fer avec de la mauvaise fonte, en supportant une perte considérable de métal, de temps et de combustible; mais il ne serait pas possible d'y parvenir dans les fours à réverbère, puisque le fer oxidé n'est point en contact avec le charbon et que les réductions successives deviennent alors impossibles *.

* On n'a pu jusqu'ici obtenir, par l'affinage à l'anglaise, du fer de première qualité. Il n'en est pas moins vrai que cette méthode économique et expéditive produit les plus heureux effets sur l'industrie, parce que les nombreux besoins de la société réclament des fers de toute espèce. Mais on aurait tort de vouloir affiner de cette manière de très-bonnes fontes, dans l'espoir d'obtenir un excellent fer. Voici ce que dit à ce sujet M. le directeur Af Uhr : « Ce genre de travail produirait une économie de combustible, mais il ôterait aux fers de Suède, une grande » partie de leur bonne qualité. Le fer préparé à l'anglaise et soumis à

Digitized by Google

1111. Plus la fonte est pure, plus l'affinage en est prompt; parce qu'il faut alors la présenter moins souvent au courant d'air pour oxider les corps étrangers : il en résulte une économie de temps et de matières premières. Nous avons vu que la fonte blanche et la grise peuvent contenir une égale quantité de carbone; que la première entre plus tôt en fusion et ne devient pas aussi liquide; qu'à la température de la fusion, elle passe bien plus vite à l'état de fer malléable; qu'elle éprouve par la présence des oxides de fer, des changemens moins sensibles en apparence, mais

---

» l'étirage entre les cylindres, semble très-dense, exempt de criques et » de pailles. Mais cette bonté n'est qu'apparente; la compression uni- » forme que subissent les barres sur tous les points en masque les défauts. » Si l'on prend un semblable morceau de fer qui, dans sa cassure, paraît » dense et homogène et qu'on le chauffe pour l'étirer sous un marteau » de forge ordinaire, il se dilate et montre ensuite de nombreuses so- » lutions de continuité qui peuvent augmenter à tel point que la barre » tombe en pièces sous le marteau. Il est probable que la cause de ce » phénomène est due aux scories qui, dans ce travail, ne pouvant être » séparées entièrement du métal, restent à l'état de mélange dans la » masse. C'est à ces impuretés que le fer doit sa couleur foncée, son » peu d'éclat, son manque de compacité et par suite son nerf court et » sombre. Si l'on est par conséquent obligé de le remettre au feu pour » le forger ou le souder, on éprouve une perte de temps et de com- » bustible, jointe à un déchet considérable. »

« Des fontes d'Angleterre, obtenues dans des fourneaux à coke, ont » été affinées à Skebo, dans des feux d'affinerie, avec le charbon de bois. » Elles se sont laissé traiter aussi facilement de cette manière que la fonte » de Suède, et elles ont produit un fer bien meilleur que celui qu'on » en retire dans les fours d'affinerie, d'après la méthode anglaise. *Archiv.* » *für Bergbau und Hüttenwesen*, tome VII, cahier 2, page 321, 382 » et 384. »

On se tromperait pourtant, si l'on croyait, d'après cet aperçu, que l'affinage à l'anglaise nuit à la qualité de tous les fers; l'expérience a prouvé le contraire: il paraît que les *fers tendres* perdent leur aigreur par cette opération, et qu'ils deviennent alors bien meilleurs pour une foule d'usages, surtout si on ne les forge pas de nouveau pour les mettre en œuvre. Le T.

Digitized by Google

plus réels et plus rapides que ceux de la fonte grise, qui exige pour se fondre un degré de chaleur bien plus élevé que ne le demande la fonte blanche, et qui devenant alors parfaitement liquide, échappe pour ainsi dire à l'action du courant d'air, et présente aussi moins de prise à l'influence du fer oxidé: en contact avec l'oxide de fer, elle éprouve un changement très-marqué, en ce sens qu'elle se rapproche promptement de la fonte blanche.

On ne peut donc nier que la fonte grise ne doive passer d'abord à l'état de fonte blanche avant de se convertir en fer malléable. Ce changement n'est dû qu'à l'action de l'oxigène libre ou de celui qui est contenu dans l'oxide, si toutefois ce dernier n'est pas encore combiné avec une trop grande quantité de silice. Remarquons que les additions des scories ne sont pas toujours d'une grande utilité, si l'on affine de la fonte blanche: elles présentent, à la vérité, un moyen d'accélérer la combustion du carbone combiné avec le fer, mais on doit souvent empêcher qu'elle ne se fasse trop rapidement et que le métal ne se fige avant qu'on n'ait pu en dégager les substances étrangères. L'ouvrier qui travaille sur fonte grise, fait donc un usage plus fréquent des scories que celui qui affine de la fonte blanche dont il faut retarder la trop rapide conversion en fer ductile, afin qu'on puisse opérer le départ du silicium. C'est en raison de ces additions de scories, que la fonte grise n'offre pas autant de déchet que la fonte blanche.

1112. La gueuse blanche convient d'autant mieux pour le travail aux feux d'affinerie, qu'au moyen du grillage, on peut diminuer la dose de carbone qu'elle contient, et que cette opération ne peut s'appliquer à la fonte grise. Mais on serait dans l'erreur, si l'on croyait avec plusieurs métallurgistes, que dans le traitement des minérais de fer, il faut toujours éviter d'obtenir cette dernière pour fonte

Digitized by Google

d'affinage. Ce principe ne peut convenir que dans le cas où l'on dispose de minérais purs qu'on traite au charbon de bois, encore doit-on en restreindre l'application pour ne pas mettre le fourneau en danger. Si on l'alimente avec des cokes et des minérais vicieux, susceptibles de donner du fer rouverin ou cassant à froid, on doit rendre le mélange de minérais et de fondant le plus fusible qu'il est possible, et élever la température de manière que la fonte devienne grise; mais il est essentiel que l'ouvrage ne soit ni très-haut ni très-étroit : ce fer cru, blanchi par une opération préliminaire, se traite bien mieux dans les fours pudlings, que la fonte qui serait naturellement blanche. Si cette dernière est impure, on ne gagne rien à sa disposition de se convertir si vite en fer ductile, puisqu'on est forcé de retarder ce changement, pour donner le temps aux matières étrangères de se séparer du métal, ce qui occasionne des dépenses plus considérables qu'il n'en aurait fallu faire pour obtenir de la fonte grise.

Les fautes commises au haut fourneau ne se réparent qu'avec beaucoup de peines et de dépenses. Les métallurgistes qui recommandent l'emploi exclusif de la fonte qui est naturellement blanche, reviendraient bientôt de leur erreur, en voyant affiner celle qui provient des hauts fourneaux à coke ou des minérais de fer dits terreux limoneux. Ajoutons toutefois que la fonte grise qui provient d'un *mélange réfractaire de minérais et de fondans*, est la plus mauvaise pour l'affinage; parce qu'elle contient beaucoup de silicium, et peut-être aussi un peu d'aluminium : sous le rapport de sa mauvaise qualité, on ne peut lui comparer que la fonte blanche grénue.

1113. Nous établirons par conséquent en principe général, que la fonte destinée à l'affinage doit être grise en sortant du fourneau, et qu'elle ne peut être blanche que dans

Digitized by Google

des cas d'exception; mais nous conviendrons aussi qu'on abrège le travail en employant cette dernière, surtout lorsqu'on peut la griller, ce qui produit une grande économie de temps et de combustible. Il faudrait donc que la fonte grise fût blanchie soit dans le haut fourneau même, par le procédé que nous indiquerons plus bas, soit au sortir du foyer par sa conversion en blettes ou feuilles minces, qu'on soumettrait ensuite au grillage, soit enfin par une seconde fusion. Le dernier de ces procédés est coûteux; on ne peut en faire usage que dans les contrées où la houille est à bas prix; mais dans ces pays il peut s'employer aussi pour la fonte qu'on veut traiter aux *feux d'affinerie.*

Quoique dans les fours à réverbère, on ne puisse affiner que la fonte blanche, on ne pourrait cependant y faire usage de celle qui provient d'une surcharge de minérai, parce qu'elle ne produirait que du très-mauvais fer *. On est donc obligé de soumettre la fonte grise à une seconde fusion pour la blanchir, attendu que dans ces foyers, elle resterait trop long-temps liquide et qu'elle finirait par se changer en scories sans donner du fer ductile.

Nous nous occuperons d'abord de l'affinage opéré dans les feux de forge, et ensuite de celui qu'on pratique dans les fours à réverbère.

DE L'AFFINAGE OPÉRÉ DANS DES FEUX DE FORGE.

1114. L'usage, la routine, les circonstances locales et la nature du fer cru, ont fait naître une foule de procédés d'affinage, qui tous cependant ont un même but, celui de

---

* Dans les forges qui ne travaillent qu'en *fer tendre*, il convient souvent, pour raison d'economie, d'employer la fonte blanche obtenue par une surcharge de minérais; si le cas l'exige, on peut d'ailleurs y ajouter de la fonte grise blanchie, pour améliorer la qualité du fer. Le T.

Digitized by Google

chasser par l'oxigène, le carbone contenu dans le fer cru; mais ils diffèrent par les moyens employés. Toutes ces méthodes peuvent se classer de la manière suivante :

Première classe : *Affinage à une seule fusion.*

1. Affinage à une seule fusion et à soulèvement de la masse fondue : c'est la méthode allemande, ou le procédé de la Franche-Comté avec toutes ses variétés.

α Affinage où la masse forme toujours un seul gâteau (c'est l'affinage allemand dit à deux fusions, *Butschmiede*).

β Affinage où la masse fondue se sépare en petits fragmens qu'il faut réunir ensuite.

γ Affinage successif ou par lopins (*Suluschmiede*).

δ Méthode demi-wallonne.

ε Affinage par attachement.

2. Affinage à une seule fusion sans aucune préparation du fer cru, et sans soulèvement de la masse.

a Méthode wallonne. Pour étirer le fer, on le chauffe dans des feux particuliers.

b Affinage exécuté dans des creusets de brasques (*Lœschfeuerschmiede*).

c Affinage styrien à une seule fusion.

d *Idem* de Siégen *idem.*

e Méthode d'Osemund. D'après cette méthode on fait des loupes très-petites, et l'on travaille de manière que la fonte se convertisse en fer ductile au moment où elle tombe dans le creuset.

3. Affinage à une seule fusion avec une préparation du fer cru.

a Affinage de la fonte grillée.

Digitized by Google

Deuxième classe : *Affinage à deux fusions.*

1. Affinage à deux fusions opérées dans le même feu.
 a Affinage dit bergamasque pratiqué en Carinthie.
 b Affinage de Bohême et de Moravie (*Brechschmiede*).
 c Affinage de la fonte pulvérisée.
2. Affinage à double fusion dans deux feux séparés.
 a Mazéage de Styrie.
 b Mazéage de Suabe.

1115. Il y a si peu de différence entre la plupart de ces procédés, qu'on peut en avoir une idée assez exacte, si l'on se pénètre bien de celui qui est le plus difficile, de l'affinage à l'allemande. Il ne faut cependant attribuer les difficultés qu'aux grandes variations du fer cru qu'on traite ordinairement par cette méthode. Tous les autres procédés d'affinage, sans en excepter un seul, ne peuvent convenir qu'à une bonne fonte, et presque toujours à une fonte blanche ou blanchie. On peut donc considérer la méthode allemande comme le prototype de toutes les autres, qui ne paraissent en être que des variétés; ce sont des moyens d'abréger le travail lorsque la nature du fer cru le permet. Un ouvrier qui la connaît apprendra les autres facilement; mais un affineur travaillant d'ordinaire sur une fonte pure, pourrait rarement obtenir de bon fer avec une fonte de médiocre qualité. Nous exposerons pour cette raison la méthode allemande dans tous ses détails.

DE L'AFFINAGE A L'ALLEMANDE.

1116. Cette méthode est employée dans presque toute l'Allemagne septentrionale et dans une grande partie de la France, surtout dans la Franche-Comté.

Digitized by Google

On appelle *forge*, une usine dans laquelle se trouve un ou plusieurs feux d'affinerie *, y compris les machines soufflantes, les marteaux ou les cylindres. L'aire du foyer, élevée de 32 à 38 centimètres au-dessus du sol, a $1^m,88$ de longueur et 94 centimètres de largeur; il se trouve placé sous une cheminée qui est soutenue par des piliers. Le massif dont la surface supérieure, couverte par des plaques de fonte, forme l'aire, est pourvu d'une échancrure ménagée dans un des coins et dans laquelle on construit le creuset; le reste ne sert que pour la manœuvre, pour l'emplacement de la fonte et du charbon. Une partie de la face antérieure du massif n'est fermée que par une des taques qui composent le creuset. Les fondations doivent être assez solides pour qu'elles puissent supporter la cheminée. Celle-ci ne s'élève pas directement au-dessus du creuset; elle est placée dans le coin formé par le côté du derrière de l'aire et par celui de la tuyère, afin que les étincelles soient arrêtées sous le manteau.

La machine soufflante peut servir à plusieurs feux lorsqu'elle est assez puissante : chacun doit avoir alors ses porte-vent et sa caisse d'air pourvue des moyens nécessaires pour modifier la force du vent ou pour l'intercepter en entier.

1117. Il est essentiel que l'ouvrier connaisse parfaitement la fonte qu'il veut affiner, parce que toutes ses dispositions et tout son travail changent avec la nature du fer cru. La forme extérieure même n'en est point indifférente: en trop grosses pièces, il fondrait difficilement et occasionnerait une perte de temps et de charbon; en

---

* On appelle ordinairement *renardière* un feu d'affinerie à l'allemande, et le mot de feu d'affinerie dans son acception vulgaire, ne se dit que des feux à la wallonne. Le T.

Digitized by Google

morceaux minces, il fondrait trop vite et deviendrait trop liquide. On coule la fonte destinée à l'affinage le plus souvent en pièces alongées appelées *gueuses:* elles ne doivent jamais avoir une largeur excédant neuf pouces, pour qu'elles soient exposées suffisamment à l'action du vent; ni une épaisseur plus forte qu'un pouce et demi, afin que l'ouvrier puisse en réunir deux de différentes qualités et les affiner ensemble, ce qui est souvent fort avantageux: leur longueur est ordinairement de 6 pieds *.

Pour utiliser convenablement les *brocailles,* les jets, la fonte répandue, que dans les fonderies on n'obtient qu'en trop grande quantité, il faut que l'ouvrier sache les traiter en les plaçant soit sur la gueuse, soit sur les charbons, d'après la marche que suit le travail.

1118. La gueuse blanche obtenue par une surcharge de minérais, fond plus tôt que la grise, ne tombe dans le creuset d'affinerie que par morceaux ou écailles, au lieu de se détacher par gouttes, et il n'est plus guères possible ensuite de la rendre liquide; elle s'épaissit très-vite, et passe facilement à l'état de malléabilité.

La fonte blanche lamelleuse et celle qui s'en rapproche, bien que les facettes ne soient pas visibles, deviennent au feu d'affinerie parfaitement liquides, si toutefois la fusion est assez rapide.

En traitant la fonte blanche obtenue par surcharge de minérais, on doit éviter qu'elle ne se coagule trop prompte-

* Dans la plupart des usines françaises on a conservé la mauvaise habitude de couler des gueuses extrêmement épaisses, pesant 11 à 12 cents kilogrammes; non-seulement elles se manient difficilement, demandent beaucoup de temps pour s'échauffer et se fondre; mais elles empêchent aussi qu'on traite à la fois plusieurs espèces de fer cru que souvent on devrait fondre ensemble, pour les affiner de la manière la plus avantageuse. Le T.

Digitized by Google

ment; en affinant de la fonte grise, il faut empêcher qu'elle ne reste trop long-temps sans prendre de la cohérence, parce qu'on nuirait à la qualité des produits. On est maître de hâter ou de retarder l'affinage, c'est-à-dire la réunion de tout le métal en une masse de fer ductile, par la manière dont on monte le feu *. L'art de l'affineur consiste donc particulièrement à modifier la construction du creuset, la position et l'inclinaison de la tuyère, d'après les propriétés du fer cru.

Si la fonte est grise et si l'on a négligé de prendre les moyens convenables pour en accélérer l'affinage, on perdra beaucoup de temps et de combustible; mais on pourra obtenir de bon fer avec un faible déchet. Si la fonte est blanche, non exempte de défauts et qu'elle se coagule promptement, elle subira un déchet considérable; le fer sera de mauvaise qualité, mais on en obtiendra une assez grande quantité dans un temps déterminé.

On traite souvent de la fonte qui est peu disposée à se convertir en fer malléable, sans que l'affineur doive accélérer cette opération par le *montage* du feu; comme, par exemple, la fonte grise provenant d'un haut fourneau à coke alimenté avec un mélange réfractaire de minérais et de fondans.. Cette fonte donne beaucoup de scories qui ne pourraient en être séparées, si l'affinage se faisait trop rapidement. Ce n'est en général que par tâtonnement qu'on parvient à connaître, pour chaque cas particulier, la meilleure manière de monter le feu.

La quantité de fer cru qu'on fond en une seule fois, pour faire une loupe, ne peut se déterminer d'une manière positive; parce que l'affineur, occupé à forger le fer qui est dans le feu, se voit souvent forcé de prolonger le temps de

* Construire le creuset, placer la tuyère et les buses, s'appelle monter le feu. Le T.

Digitized by Google

la fusion. On laisse fondre ordinairement 100 à 150 kilog. de gueuse, pour une loupe.

1119. Pour travailler avec succès, il faut de bons charbons; ceux que donne le bois dur exigent plus de vent et développent plus de chaleur que ceux qui proviennent de bois blanc. Ces derniers brûlent très-rapidement, ne donnent pas une chaleur continue et doivent être embrasés par un vent faible. Or, plus la température est élevée, plus la fonte devient liquide et moins elle est disposée à se coaguler, à se convertir en fer ductile; il faut donc, dans ce cas, favoriser l'affinage par la construction du feu.

Parmi les charbons légers, on préfère le charbon de pin sylvestre au charbon de sapin ou d'épicia, bien que ce dernier soit aussi d'un bon usage pour les feux d'affinerie; mais il est souvent brûlé dans les meules, et les eaux pluviales le détériorent promptement *.

Un objet futile au premier abord, mais digne d'exciter toute l'attention des affineurs, c'est le sable attaché à la surface ou logé dans les fentes du charbon qu'on n'a pas éteint avec de l'eau, mais qui a été étouffé avec de la terre ou du sable. Ces charbons produisent des scories rouges et s'opposent à la coagulation de la fonte qui, dans le même feu et avec d'autres charbons, s'affinerait très-facilement. On ne peut remédier à ce mal, en favorisant l'affinage par la

* On a reconnu que les charbons de bois blanc employés dans les feux d'affinerie, rendent le fer plus doux et plus tenace. Ce fait, difficile à expliquer, ne provient peut-être que de leur grande combustibilité qui les empêche de se combiner avec le fer aussi facilement que les charbons durs, parce qu'ils sont entraînés avec plus de force par leur affinité pour l'oxigène. Il est possible aussi que les charbons de bois blanc adoucissent le fer, parce qu'ils donnent moins de chaleur que les charbons de bois dur, et un haut degré de chaleur, qui rend la matière trop liquide, ne donne pas de bons résultats. Le T.

construction du feu, puisque la qualité du fer en souffrirait. La quantité de sable entraînée de cette manière dans les creusets d'affinerie, est souvent très-considérable *.

Si l'on rentre les charbons par un temps sec, les cahots et les secousses font tomber la terre dont la présence est si nuisible dans le foyer d'affinerie : mais chargés et transportés pendant la pluie, éteints sur un sol gras, les charbons se couvrent entièrement de ces impuretés qui, recevant une couleur noire, peuvent à peine être distinguées. Il ne reste alors aux affineurs qu'à faire un triage à la main.

Les charbons qu'on brûle dans des feux d'affinerie ne doivent pas être très-gros, parce qu'ils formeraient de trop larges interstices, et que le vent refroidirait alors la matière; trop petits, ils fermeraient le passage à l'air qui ne pourrait plus agir sur la fonte. La meilleure grosseur est celle du poing ou d'un œuf; ceux dont le volume est plus grand doivent être cassés par l'affineur au moment où il les jette dans le feu. Les charbons de sapin n'ont besoin d'être brisés que dans le cas où ils sont très-gros, puisqu'ils éclatent facilement au feu; mais les charbons de bois dur et même ceux de pin sylvestre, exigent à ce sujet beaucoup d'attention.

1120. On n'emploie point de flux ou fondans dans le travail de l'affinage; on a toutefois essayé de corriger le fer cassant à froid par une addition de 2 à 10 pour cent de chaux, et l'expérience a prouvé que c'est un excellent moyen de correction pour les fers contenant du soufre ou du phosphore. Il est possible même que la chaux favorise la séparation des autres substances d'avec le métal. Elle

* Le sable attaché aux *taques* du creuset, lorsqu'elles sont neuves et mal dépouillées, retarde aussi l'affinage et peut rendre le travail des ouvriers très-pénible pendant plusieurs jours. Le T.

Digitized by Google

améliore le fer dans beaucoup de circonstances et l'on ne sache point qu'elle l'ait jamais détérioré. On doit avoir la précaution de ne pas l'ajouter à la loupe vers la fin de l'opération, mais immédiatement après la fusion. Lorsque le fer cru se traite difficilement au feu d'affinerie, une addition de chaux produit sous un autre rapport un excellent effet, parce qu'elle hâte la conversion de la fonte en fer ductile.

1121. Pour accélérer la coagulation du métal, *le changement de nature* *, on emploie avec avantage les battitures, les sornes ou les scories riches; ces matières, en corrigeant l'allure du feu, augmentent le produit. Si au contraire le métal se fige trop promptement, on est forcé quelquefois de le dissoudre avec du sable; mais ce procédé qui annonce toujours une mauvaise manière d'affiner la fonte, augmente le déchet considérablement.

Parmi ces additions, on peut compter aussi l'eau qu'on projette sur le feu; le but principal de cet arrosage est d'empêcher que le charbon ne se consume à la surface en pure perte. Mais, lorsque la masse fondue reste long-temps à l'état de fer cru, l'eau jetée dans le feu rafraîchit le fer, l'empêche de se fondre aussi promptement, le maintient par conséquent davantage dans le courant d'air, oxide une partie du métal qui, se trouvant réduite par le carbone combiné avec le fer, favorise l'affinage.

1122. La quantité d'air que doit recevoir le foyer, bien qu'elle soit modifiée selon les différentes périodes de l'affinage, dépend aussi de la nature du fer cru; à égale ouverture de tuyère, la fonte blanche exige un vent plus fort que celui qui est demandé par la fonte grise.

---

* C'est l'expression des ouvriers. Le T.

Digitized by Google

La qualité du charbon influe aussi sur le volume d'air qu'on doit lancer dans le foyer; si le charbon est dur il faut employer plus de vent que s'il est léger. L'uniformité du jet d'air, exigée pour les hauts fourneaux, ne peut convenir pour les feux d'affinerie; l'ouvrier doit être à même de le modifier selon les circonstances et selon les différens procédés de l'affinage. Chacun d'ailleurs a sa manière de procéder; tel affineur fond le fer cru sans le changer de nature, et commence alors par donner un vent fort; un autre ayant l'habitude de lui faire subir pendant la fusion un premier degré d'affinage, emploie d'abord un vent plus faible.

Si au premier soulèvement, la fonte forme une seule masse, si elle est disposée à louper, à passer trop vite à l'état de fer ductile, on doit forcer de vent, sans compter qu'en général il faut plus d'air vers la fin qu'au commencement de l'opération. Le travail dit par attachement ne peut s'exécuter qu'à l'aide d'un courant d'air très-rapide, afin que le fer presqu'entièrement purifié soit remis encore une fois en liquéfaction.

Une bonne fonte grise exige pendant la fusion $4^{m.cub},30$ à $4^{m.cub},6$ d'air atmosphérique par minute; la fonte blanche en demande $4^{m.cub},90$ à $5^{m.cub},50$. Quand on fait la pièce, il en faut, suivant la nature de la fonte, $6^{m.cub},20$ à $6^{m.cub},50$; et quand on *avale*, $7^{m.cub},40$ à $7^{m.cub},70$: c'est la dernière opération qu'on fait subir à la loupe. En affinant par attachement, on emploie quelquefois 12 mètres cubes d'air par minute.

1123. Le feu ou creuset dans lequel on opère, est construit avec des plaques de fonte d'une forme rectangulaire; il en faut ordinairement cinq : une pour le fond et quatre pour les côtés; celle du devant est remplacée quelquefois par le prolongement de la plaque dont la face antérieure

Digitized by Google

du massif est revêtue. Chaque plaque du pourtour a un nom particulier; celle de la tuyère s'appelle *varme;* celle qui lui est opposée, *contrevent;* celle du devant, *chio* ou *laiterol;* celle du derrière, *haire* ou *rustine;* la cinquième est le *fond*. Dans les usines, ces plaques de fonte portent particulièrement le nom de *taques*.

On rehausse ordinairement la haire avec une vieille plaque, pour retenir les cendres et les empêcher de retomber dans le feu; cette plaque s'appelle improprement *cendrier:* elle empêche aussi les charbons de se répandre au dehors du foyer.

Le *laiterol* est percé d'un ou de plusieurs trous appelés aussi *chios;* lorsqu'il manque, les ouvertures dont il s'agit, sont pratiquées dans la plaque antérieure du massif qui, dans ce cas, le remplace.

Sur le devant de l'aire, on met encore une plaque de 26 centimètres de largeur, qui sert de point d'appui aux ringards et qui empêche les charbons embrasés, et quelquefois même des morceaux de fer, de tomber dans l'usine.

1124. Les plaques du creuset, principalement le fond, s'échauffent quelquefois si fortement que le fer s'y attache. Pour prévenir cet accident, on les rafraîchit avec de l'eau; on pratique à cet effet sous le fond, un petit canal muré et mis en communication avec un tuyau en fonte, dans lequel on fait tomber un filet de ce liquide, si le cas l'exige.

Il ne faut rafraîchir le fond qu'après avoir retiré la loupe du creuset; on ne doit jamais le faire quand on travaille dans le feu: l'ouvrier en reconnaît la nécessité lorsque la pièce qu'on chauffe pour l'étirer, est pâteuse à l'extrémité inférieure, ou mieux encore, lorsque les autres plaques deviennent rouges. Si l'on faisait couler l'eau sans précaution dans le canal de refroidissement, on briserait le fond; il ne serait plus possible alors de continuer le tra-

Digitized by Google

vail, parce que la fonte ne changerait plus de nature. Ce phénomène singulier peut s'expliquer soit par le jeu successif de l'oxidation et de la désoxidation du fer, dues à la présence des vapeurs d'eau et du charbon, soit par le refroidissement qu'occasionnent ces vapeurs d'eau *.

Il faut éviter en général que le foyer ne soit construit sur un sol humide, parce que la température ne s'élèverait pas au degré convenable.

1125. La distance du laiterol à la haire est plus grande que celle de la varme au contrevent; c'est pour cette raison que la première s'appelle longueur et la deuxième largeur.

Il est essentiel que les plaques soient assujetties entre elles par des cales de la manière la plus solide, afin qu'il ne se fasse aucun dérangement pendant le travail.

Pour construire le creuset, on fixe d'abord les plaques de tour dans leur position; ensuite on place le fond sur une couche d'argile. S'il était trop petit, on y remédierait en mettant une barre de fer forgée ou fondue le long du contrevent ou du chio, et en bouchant les fentes avec de la terre glaise. Mais il importe dans tous les cas que le fond joigne exactement contre la varme et la rustine, tandis que le vide qu'il laisserait du côté du chio, pourrait n'être fermé qu'avec de la terre. Pour hausser ou baisser la sole, on ajoute ou l'on ôte un peu d'argile.

La varme et le contrevent dépassent la longueur du creuset, de sorte que la haire, qui s'applique d'ailleurs contre la plaque de fond, se trouve enchâssée entre eux. A

---

* Ce phénomène ne peut guères s'expliquer par des oxidations et des réductions successives, parce qu'elles auraient pour suite inévitable la décarburation de la fonte, ou, ce qui revient au même, l'affinage du métal. On ne peut donc en attribuer la cause qu'à l'abaissement de température qui empêche l'oxidule de fer d'agir avec une énergie convenable sur le carbone de la fonte. Le T.

Digitized by Google

l'aide de cette disposition, on calle les plaques si bien qu'elles ne peuvent éprouver aucune déviation pendant le travail. L'affineur enfonce pour cet effet du côté de la rustine, un coin entre le mur et la partie de la varme qui dépasse la longueur du creuset; ce coin fait joindre la haire au contrevent et appuyer la partie antérieure de la varme contre le mur; mais afin que celle-ci ne prenne pas une direction oblique, il enfonce près du laiterol un deuxième coin entre le mur et la partie antérieure de la varme.

Pour fixer la haire entièrement et pour donner au contrevent la position voulue, on enfonce un troisième coin entre le mur et l'extrémité postérieure du contrevent, coin qui poussant cette plaque contre la haire et celle-ci contre la varme, achève de les consolider entre elles. Le contrevent ne peut d'ailleurs sortir de sa direction du côté du chio, parce qu'il s'appuie contre le mur qui le retient. Lorsqu'on veut changer une seule plaque, on desserre les coins et on les renfonce ensuite après avoir opéré le changement.

Le feu a le plus souvent 84 centimètres de longueur et 63 à 68 de largeur. Ces dimensions peuvent varier sans inconvénient, parce que l'intérieur du feu est garni de fraisil. Cependant, il faut que la distance du laiterol à la haire soit toujours plus grande que l'autre, afin qu'on ait plus de facilité pour travailler le fer ou pour soulever la masse avec les ringards. Si la première de ces distances était trop petite, on serait obligé d'introduire les ringards presque verticalement dans le creuset, ce qui serait très-incommode pour l'ouvrier.

1126. Quant à la *position* des plaques, surtout de celle du fond, elle est beaucoup plus importante que la largeur et la longueur du feu. Le contrevent et la rustine

Digitized by Google

sont rarement d'aplomb; ils penchent en dehors, afin qu'on ait plus de facilité pour faire sortir la loupe du creuset. Cette déviation du plan vertical ne peut avoir aucune influence sur le travail de l'affinage. Plusieurs métallurgistes sont néanmoins d'une opinion contraire; ils pensent qu'elle favorise la conversion de la fonte en fer ductile et qu'une inclinaison inverse la retarderait. On ne pourrait incliner les plaques dans le foyer, parce qu'il deviendrait trop difficile et quelquefois même impossible d'en retirer la loupe. La varme seule (elle est rarement verticale) peut avoir une semblable position; on en retire plusieurs avantages: on empêche cette plaque de s'échauffer trop promptement; on porte la chaleur plus près du contrevent, ce qui est très-avantageux, puisque la fonte s'affine plus vite du côté de la varme; on peut aussi donner une plus grande stabilité à la tuyère, si elle doit plonger. De plus, lorsque la varme penche dans le feu, on n'a pas besoin d'avancer la tuyère autant qu'il serait nécessaire si cette taque avait une position verticale. Il devient alors plus facile de faire sortir la loupe, et les chances d'accrochages sont diminuées.

1127. Le fond reçoit ordinairement une position horizontale; mais si la fonte est très-grise, si elle passe difficilement à l'état de fer ductile, le fond peut recevoir une légère pente du contrevent vers la tuyère: c'est un des moyens que l'ouvrier peut employer conjointement avec les autres, pour hâter l'affinage, s'il le juge nécessaire. Cette pente n'est que d'un pouce pour toute la largeur du creuset; quelquefois elle est encore plus faible, et dans ce cas, on la détermine en versant sur la sole un peu d'eau qui doit s'écouler lentement vers la varme. Si, au contraire, la fonte tend à se coaguler avant d'être entièrement épurée, on baisse le fond près du contrevent;

Digitized by Google

mais cette disposition est défectueuse, parce que le fer s'affine ordinairement moins bien dans la partie de la loupe tournée vers le contrevent, et alors il y devient encore plus mauvais *.

1128. La direction et la force du vent, l'ouverture et la position de la tuyère ainsi que celle de la buse influent particulièrement sur le succès de l'affinage: elles influent à la fois et sur la qualité et sur la quantité du produit. L'ouvrier qui sait bien donner le vent, abrège son travail, le rend plus facile, produit un meilleur fer et en plus grande quantité que ne pourrait l'obtenir un affineur qui, sous ce rapport, posséderait moins d'habileté.

Dans beaucoup d'usines ont fait déjà usage d'une seule buse; mais il existe encore un grand nombre de métallurgistes praticiens qui prétendent qu'on doit affiner avec deux buses, afin d'obtenir un vent croissant; ils pensent que c'est la seule manière de bien opérer, quoique le contraire leur soit prouvé tous les jours. Le croisement est plutôt nuisible qu'utile, parce qu'il réduit à un seul point, l'endroit du foyer où le fer entre en fusion, et que le vent y est toujours intermittent. On doit perdre même une grande quantité d'air qui, sans produire beaucoup d'effet, va brûler le charbon dans les coins du creuset. Qu'on ne prétende pas qu'avec deux buses il soit plus facile de donner au vent une direction particulière, de le conduire, par exemple, dans un angle du foyer; attendu qu'il ne doit jamais recevoir ces sortes de directions: c'est à l'ouvrier de présenter au courant d'air traversant le milieu du creuset, les parties du métal qui ne sont pas encore épurées. L'emploi d'une seule buse peut

* Les feux montés en France à la champenoise, se construisent de cette manière. Le T

être appuyé par les raisons suivantes qui doivent lui mériter la préférence :

1° Le point où s'effectue la fusion se trouve soumis à un vent constant et reste toujours le même;

2° L'ouvrier a plus d'espace auprès de la tuyère; il est moins gêné dans son travail;

3° On peut diriger avec plus de facilité une seule buse et la rendre plus ou moins plongeante pendant l'opération de l'affinage.

D'un autre côté on objecte qu'il devient plus difficile d'assujettir la tuyère d'une manière invariable, lorsque son plat n'est pas pressé par le poids des deux buses; mais on peut remédier à ce léger inconvénient; il suffit d'appuyer la buse contre la tuyère au moyen d'un étançon, et de la fixer dans sa position avec des coins.

Il est évident que la buse doit recevoir une position telle que son axe passe par celui de la tuyère: elle est placée de 65 à 93 millim. en arrière de celle-ci; afin que l'air rafraîchisse la partie du cuivre qui est dans le feu et qu'il l'empêche de se fondre.

1129. On place la tuyère ou dans une boîte de fonte appelée *chapelle* et dont la forme est carrée, ou immédiatement sur la *varme*, elle plonge ordinairement dans le foyer. Après avoir reçu l'inclinaison déterminée par la nature du fer cru, elle est consolidée avec des coins et murée dans la chapelle avec des morceaux de briques. Il faut qu'elle y soit établie de la manière la plus invariable, puisqu'elle est exposée à beaucoup de secousses et que le plus léger dérangement changerait toute la construction du feu. Dans beaucoup d'usines, on la fixe encore avec deux crampons en fer, qui, d'un côté, pressent contre son plat, et de l'autre trouvent une résistance contre les parois de la chapelle.

Digitized by Google

1130. On fait les tuyères en cuivre, pour pouvoir en agrandir ou diminuer la bouche à l'aide d'un mandrin confectionné en fonte ou en fer ductile. Si l'on veut changer l'ouverture de la tuyère, on la chauffe au rouge, on y passe le mandrin et on la frappe avec un marteau. Il faut non-seulement que ce mandrin ait la forme qu'on veut produire, mais aussi que sa surface soit polie sur la meule; afin que celle de la tuyère devienne très-lisse, et qu'on n'ait pas besoin de la limer pour faire disparaître toutes les inégalités. Le cuivre ne doit pas avoir une trop forte épaisseur, pour bien obéir à l'action du marteau.

1131. La bouche de la tuyère est demi-circulaire; ses dimensions dépendent des propriétés du fer cru. Une fonte blanche disposée à se coaguler, exige l'emploi d'une tuyère étroite, dont l'orifice ait tout au plus 46 millimètres de largeur sur 29 de hauteur. Si l'on affinait de la fonte grise, cet orifice pourrait avoir 52 millimètres d'un côté et 33 de l'autre.

Serait-il possible d'obtenir une plus grande quantité de fer dans un feu de forge, en employant des soufflets plus forts et des buses plus larges, de manière que la quantité d'air lancée dans le foyer fût augmentée et que le charbon brûlât néanmoins avec la vitesse convenable? C'est ce qui n'a pas encore été bien prouvé par l'expérience. Les essais avec deux tuyères n'ont point réussi; la raison en est facile à deviner. On pourrait s'attendre à plus de succès en élargissant les buses et la tuyère, et en augmentant la force de la machine soufflante; on affinerait alors plus de fer dans un temps donné, mais il en résulterait indubitablement une perte de charbon et de métal.

1132. Le rapport qui existe entre l'œil de la buse et la bouche de la tuyère n'est point indifférent. L'air cherche

Digitized by Google

à s'étendre de tous côtés en sortant de la buse, bien que la majeure partie poussée avec beaucoup de force par les tranches successives du fluide, conserve sa première direction; mais quelque puissante que soit cette pression, elle ne peut empêcher entièrement l'effet produit par l'élasticité. Il s'ensuit que le jet doit augmenter de diamètre à mesure qu'il s'éloigne de la buse et que le fluide se dilate davantage. On doit donc, pour ne pas perdre de vent, ne reculer la buse que le moins possible; il ne faudrait pas l'éloigner de plus de 65 millimètres de la bouche de la tuyère, et on ne peut guère l'avancer davantage, parce que la tuyère ne serait plus assez rafraîchie. C'est encore pour empêcher les pertes de vent, qu'il faudrait donner à l'œil de la buse et à la bouche de la tuyère, la même forme, et que le premier ne devrait jamais être plus grand que l'autre.

1133. On fait quelquefois à la tuyère une *lèvre ;* c'est un côté des parois qui dépasse les autres. On forme la lèvre supérieure en coupant une partie du plat de la tuyère, la lèvre inférieure en coupant un morceau de la partie conique; enfin on laisse dépasser aussi, dans certaines circonstances, le côté de la tuyère tourné vers la rustine.

Les deux premières formes sont essentiellement vicieuses : il faut éviter d'en faire usage. On fait dépasser le bord supérieur lorsque le charbon est de mauvaise qualité, qu'il brûle très-vite sans produire assez d'effet. La lèvre réfléchit alors l'air sur le bain et diminue la trop rapide combustion du charbon placé en dessus; mais on perd en temps ce qu'on gagne en combustible.

Lorsque la gueuse fond trop lentement, on fait dépasser le bord inférieur ou le plat de la tuyère, afin de conduire le vent d'une manière plus directe sur la fonte;

Digitized by Google

mais on consume alors plus de charbon et le fer devient plus mauvais. Quelquefois aussi en emploie ce moyen pour hâter la combustion, si le charbon est très-dur.

On fait dépasser le bord tourné vers la haire quand le vent se dirige trop de ce côté, et que la fonte s'affine trop promptement; l'air se porte alors vers la partie antérieure, la masse fondue se fige plus lentement et l'affinage en est retardé; mais on parviendrait au même but en augmentant la distance de la tuyère à la rustine.

1134. Toutes choses étant égales d'ailleurs, on retarde le passage de la fonte à l'état de fer ductile, en rapprochant la tuyère du chio, et on l'accélère de la manière inverse. Mais on ne doit pas abuser de ces moyens, principalement du dernier, parce qu'on porterait le point où s'opère la fusion trop près de la rustine, ce qui rendrait la manœuvre plus difficile, et parce qu'on peut favoriser la coagulation du fer cru par des moyens plus commodes et plus avantageux. La meilleure distance de la tuyère à la haire, est de 23 centim.

On ne doit pas non plus diriger la tuyère vers la haire pour hâter la coagulation des matières, parce qu'on peut atteindre ce but d'une autre façon.

Quant à la direction du vent vers le laiterol, rien ne s'y oppose lorsqu'on a pour but de retarder l'affinage; car, en s'y prenant différemment, on perd quelquefois beaucoup de temps et l'on obtient de mauvais fer. C'est aussi un moyen de favoriser l'écoulement des scories et la circulation du vent, parce que le fraisil arrosé d'eau fréquemment dans cette partie du foyer, obstrue souvent le passage de l'air.

1135. La longueur dont la tuyère doit avancer dans le feu, ne dépend nullement de la nature du fer cru; il est

Digitized by Google

évident qu'on peut rapprocher la gueuse à volonté. Il paraît même que cette longueur est assez indifférente pendant l'affinage et qu'elle exerce peu d'influence sur la qualité du fer. Mais, comme la chaleur est plus intense du côté de la varme, qu'elle ne l'est près des autres plaques, et que le fer s'y affine plus tôt, il est bon d'en éloigner un peu le point où s'effectue la fusion, afin de ménager cette taque et d'en prévenir la trop prompte destruction : on y parvient en faisant déborder la tuyère. Si elle entrait trop dans le feu, l'ouvrier serait gêné pendant le travail, surtout lorsqu'il soulève la masse. Elle dépasse ordinairement la varme de 78 à 92 millimètres; c'est à tort qu'on a prétendu que le fer devenait moins bon, si l'on raccourcissait le museau de la tuyère.

1136. La *profondeur du creuset* est la distance du fond au bord supérieur de la varme ou bien à la tuyère : c'est le sens qu'il faut attacher à cette expression qui se présentera fréquemment. On augmente ou l'on diminue la profondeur du creuset, en haussant ou en baissant le fond. Elle est de la plus grande importance durant l'affinage : elle influe et sur la qualité et sur la quantité des produits. On la règle entièrement d'après la nature du fer cru qu'on veut affiner. La décarburation du fer devient en général d'autant plus prompte que le creuset a moins de profondeur. Il s'ensuit que la fonte blanche décarburée, qu'on obtient dans le haut fourneau par surcharge de minérais, exige des feux plus profonds que ceux dans lesquels on traite la fonte grise.

Cette règle est toutefois soumise à des exceptions : on ne peut nier qu'un feu profond ne produise une économie de fonte et qu'il ne retarde la décarburation de la masse ou le changement de nature du fer cru, ce qui est fort avantageux dans le traitement de la fonte qui est blanche

Digitized by Google

par surcharge; mais si le feu était plus profond qu'il ne devrait l'être, l'affineur obtiendrait dans un temps donné moins de fer et d'une qualité moins bonne, et il consommerait plus de charbon. La petite économie de fonte qu'il produirait alors ne pourrait donc entrer en comparaison avec les inconvéniens et les pertes qui résulteraient d'une semblable construction du feu. Il ne faut donc pas en augmenter la profondeur outre mesure, d'autant plus que l'on connaît d'autres moyens de retarder le passage du fer cru à l'état de fer ductile.

Quelque disposée que soit la fonte à louper, on ne doit pas donner au feu plus de 24 centim. de profondeur. On aurait tort d'affiner dans un semblable foyer la fonte grise pour en diminuer le déchet *, à moins qu'elle ne fût d'une pureté parfaite. En général il faudrait toujours avoir égard à la qualité du fer cru : s'il était très-pur, on pourrait employer un feu d'une très-faible profondeur, un *feu plat;* on gagnerait du temps et du charbon, bien que le déchet serait un peu plus grand; mais la fonte qui donne du fer rouverin ou cassant à froid, ne pourrait être traitée dans un foyer de cette forme, parce que le produit serait d'une mauvaise qualité. Il faut alors baisser un peu la plaque de fond pour empêcher que le métal ne se solidifie trop vite; il en résultera une perte de temps et une plus grande dépense en charbon, mais on obtiendra de meilleur fer et avec un plus faible déchet.

---

* En Allemagne, les ouvriers sont obligés de fournir une certaine quantité de fer par mille de fonte : ils reçoivent une prime pour le surplus, et ils payent à un prix convenu, ce qui manque. Il arrive alors qu'au détriment de la qualité, ils cherchent souvent à augmenter le poids du produit. On ne leur passe aussi qu'un certain nombre de pieds cubes de charbon par mille de fer, afin qu'ils ne brûlent pas le combustible en pure perte. Le T.

Digitized by Google

Une bonne fonte grise pourrait se traiter avantageusement dans un feu de 18 centimètres de profondeur. On devrait lui en donner 21 centim. à peu près, si la fonte, quoique grise, était très-impure, souillée de matières nuisibles à la qualité du fer : l'affinage serait alors retardé, le métal aurait le temps de s'épurer convenablement, on obtiendrait un meilleur produit, avec un plus faible déchet; mais on brûlerait un peu plus de charbon, et l'on diminuerait la production journalière.

En dépassant cette limite de 21 centimètres, on retombe dans le défaut qu'on veut éviter, non-seulement on brûle trop de charbon, et l'on perd du temps, mais aussi l'on obtient un mauvais produit.

La fonte grise qui, traitée dans un feu d'une faible profondeur (18 centimètres à peu près), donne de mauvais fer, produit ordinairement, pendant l'affinage, une grande quantité de scories rouges et pauvres. Pour les loger, on est alors obligé de rendre le feu plus profond qu'il ne serait nécessaire sous d'autres rapports; mais il faut avoir soin qu'en augmentant la distance de la tuyère à la sole, on ne le fasse pas aux dépens de la qualité du métal.

En général tous les fers disposés à devenir rouverins ou cassans à froid, ne pourraient s'épurer dans des creusets peu profonds, et bien moins encore dans ceux qui pécheraient par un excès opposé. La limite pour l'affinage de la fonte blanche décarburée est 24 centimètres : si le métal était encore disposé à *louper* (se figer promptement), on y remédierait en rendant la tuyère plus plongeante. La fonte grise qui donne des fers vicieux, ne doit pas être traitée dans un feu qui ait moins de 20 centimètres de profondeur : souvent même on porte cette quantité à 21 centimètres, si la grande abondance des scories l'exige.

Digitized by Google

La fonte mêlée s'affinerait avec le plus d'avantage dans un feu dont la distance de la tuyère au fond serait de 22 centimètres.

1137. Enfin, ce qui nous reste encore à examiner, c'est l'inclinaison de la tuyère. Le vent au lieu de suivre une seule ligne, tend à se répandre dans tous les sens; mais, en mettant la main dans un creuset, on s'aperçoit que le jet principal suit toujours la direction de la tuyère.

On dit que le courant d'air plonge de tant de degrés, lorsque la tuyère fait avec l'horizon un angle : on le détermine au moyen d'un fil à plomb, d'un petit quart de cercle ou d'un simple pied de roi. Pour faire usage de ce dernier, l'affineur donne à la tuyère une inclinaison telle, que la partie antérieure soit élevée au-dessus du fond de quelques lignes de moins que le bord supérieur de la varme: le nombre des lignes dont il s'agit est donné par l'expérience. On voit que dans cette manière d'opérer, l'inclinaison de la tuyère n'est pas déterminée en degrés; pour la calculer, il faudrait avoir égard à la longueur de la partie de ce tube qui avance dans le foyer.

Avant de placer la tuyère, il faut l'examiner d'abord, et voir si son plat est confectionné de manière à donner au vent une inclinaison, lors même qu'on la disposerait horizontalement; ce qui peut avoir lieu lorsque cette surface légèrement évidée en dehors, ne forme pas un plan parfait : les tuyères sont le plus souvent confectionnées de cette manière. Dans ce cas, le jet d'air peut plonger souvent jusqu'à 5 degrés, lors même qu'on a donné à la tuyère une position horizontale : il faut donc en tenir compte.

Le vent devrait toujours avoir une certaine inclinaison; s'il était tout à fait horizontal, on consommerait trop de charbon, la fonte deviendrait loupante, et l'on perdrait une partie du vent qui se répandrait vers le haut. D'ail-

Digitized by Google

leurs, si l'on veut obtenir un produit de bonne qualité, le plongement de la tuyère est le meilleur moyen qu'on puisse employer pour empêcher le métal de se figer trop promptement.

Plus la tuyère est plongeante, plus le métal reste liquide; plus elle approche de l'horizontale, plus la fonte passe rapidement à l'état de fer ductile. Il s'ensuit que la gueuse blanche décarburée exige un vent plus plongeant que ne le demande la grise.

Les métallurgistes qui soutiennent au contraire qu'il faut un vent plus plongeant pour l'affinage de la fonte grise que pour celui de la fonte blanche obtenue par surcharge de minérais, n'ont besoin que de visiter les forges pour revenir de leur erreur *.

1138. La profondeur du feu et le plongement de la tuyère doivent être proportionnés l'un à l'autre.

Une fonte blanche décarburée non exempte de défauts, ne pourrait s'épurer convenablement dans un feu très-profond; et, comme il est pourtant essentiel d'empêcher

---

* On conçoit facilement les divergences d'opinions en matière de théorie: il paraît encore très-naturel que des hommes persuadés de la vérité de leurs systèmes en tirent des principes ou des règles formellement opposées à des faits, faute de les avoir constatés dans les ateliers. Il n'en est plus de même, lorsque la connaissance de ces faits est devenue publique, lorsqu'ils ont été formellement évoqués et que chacun peut d'ailleurs les vérifier. En admettant que la fonte blanche contienne plus d'oxigène que la grise, on pouvait croire à priori qu'en affinant la première il fallait rendre le courant d'air moins plongeant qu'on ne le ferait, en traitant la deuxième; on ignorait alors que l'expérience s'était depuis long-temps prononcée pour le contraire. Mais reproduire aujourd'hui ce principe dont la pratique a fait justice; mais vouloir accréditer une ancienne erreur au mépris d'un fait reconnu! Voilà ce qui est difficile à concevoir de la part de ceux qui écrivent pour instruire, et voilà pourtant ce qu'on voit encore dans des ouvrages récemment publiés. Le T.

Digitized by Google

la trop prompte coagulation, il faut rendre la tuyère très-plongeante. Si cette disposition ne produit point d'économie en matières premières et en main-d'œuvre, du moins elle n'occasionne sous ce rapport aucune perte, et le fer obtenu est d'une qualité bien meilleure qu'il ne le serait si l'on avait employé d'autres moyens pour retarder le changement de nature du métal. L'affineur pourra même faire quelques bénéfices sur le fer, moins considérables pourtant que si le feu était plus profond, mais il gagnera du charbon et ne perdra point de temps *. La raison décisive, c'est la qualité des produits; et l'inclinaison de la tuyère les améliore bien plus que la profondeur du feu. La fonte blanche dont il s'agit pourrait être affinée convenablement dans un feu qui aurait 22 à 23 centimètres de profondeur et une pente de tuyère de 11 millimètres qui correspondent à 10 degrés. Si le fer cru passait moins facilement à l'état de fer ductile, il vaudrait mieux rehausser un peu le fond que de rendre le vent moins plongeant.

Une bonne fonte grise s'affine très-avantageusement dans un feu qui n'a qu'une faible profondeur; mais, si la tuyère était tout-à-fait horizontale, de manière que le jet d'air ne fît pas le moindre angle avec l'horizon, la fonte changerait déjà de nature en tombant dans le creuset : il en résulterait une économie de main-d'œuvre et de charbon; mais le déchet serait considérable et le fer de mauvaise qualité, à moins que la gueuse ne fût très-pure. Il est donc nécessaire que le métal rassemblé dans le creuset conserve une certaine liquidité. Lorsque la fonte est bonne, il suffit d'employer à cet effet un vent très-peu plongeant : le feu peut avoir alors une profondeur de 18 centimètres et la tuyère une pente de 6 millimètres.

Comme on dispose rarement d'une si bonne fonte,

* Voyez la note du paragraphe 1136. Le T.

Digitized by Google

on est souvent forcé de baisser le fond, soit pour retarder davantage la décarburation du métal, soit aussi pour loger les scories, surtout lorsqu'on traite la fonte grise obtenue au coke. Cependant pour ne pas tomber dans l'excès, puisque le creuset ne peut avoir tout au plus que 21 centimètres de profondeur, on conserve au métal le degré de crudité convenable par le plongement de la tuyère, qui dans ce cas, penche quelquefois de 10 degrés dans le foyer, comme si la gueuse était blanche.

Si l'on affine une fonte grise qui donne une grande quantité de scories pauvres, parce qu'elle contient beaucoup de matières étrangères, comme, par exemple, le fer cru sorti des hauts fourneaux à coke, on est obligé quelquefois de faire plonger la tuyère de 13 millimètres pour retarder l'affinage et pour opérer la séparation de toutes les substances nuisibles; en un mot, on donne à la tuyère une forte pente pour ne pas rendre le feu trop profond. On doit conclure de tout ceci que les affineurs qui travaillent sur un fer cru non exempt de défauts, ne peuvent jamais obtenir de bons résultats, si leur vent est rasant, quoiqu'ils puissent économiser le charbon et le métal et fournir beaucoup de fer dans un temps donné.

1139. En résumé, voici les règles principales de la construction des feux :

L'emploi d'un vent rasant et d'un foyer de 18 centim. de profondeur seulement, ne peuvent convenir que pour une fonte grise de la meilleure qualité. Si elle était un peu moins bonne, on ne changerait pas la position du fond, mais on donnerait à la tuyère une inclinaison de 6 millimètres à peu près; disposition recommandable d'ailleurs dans tous les cas, parce qu'elle diminue le déchet.

Une fonte grise de qualité médiocre devrait être traitée dans un feu de 20 à 21 centimètres de profondeur et dont la tuyère serait très-plongeante.

Digitized by Google

Un feu très-profond de 23 à 24 centimètres et un vent rasant, ne doivent être employés que pour une bonne fonte blanche obtenue par surcharge de minérais; mais il vaut mieux diminuer la profondeur du creuset et augmenter le plongement de la tuyère, réduire l'un à 22 centimètres et donner à l'autre une pente de 10 millimètres, si toutefois on a pour but principal d'obtenir un très-bon fer; lorsqu'on veut plutôt économiser la fonte, il faut préférer l'emploi d'un creuset profond.

Un feu dont la tuyère élevée près de la varme de 23 centimètres au-dessus du fond, plonge de 10 millimètres, convient à l'affinage d'une fonte blanche impure et peut servir aussi au traitement de la plupart des fontes mêlées, lorsqu'on veut en obtenir un bon fer.

Si, malgré le plongement de la tuyère, on était obligé de baisser davantage le fond et de donner au feu 25 à 26 centimètres de profondeur, ce ne pourrait être qu'en affinant une fonte blanche extrêmement disposée à louper; mais il est rare que les dimensions ci-dessus indiquées ne puissent convenir.

1140. Les outils de l'affineur sont :

1° Un grand ringard qui pèse 15 à 18 kilog.; il sert à soulever la loupe.

2° Un ringard de moyenne grosseur, dont l'affineur fait usage pour détacher la sorne et soulever les petits morceaux de fer.

3° Un lache laitier; c'est un ringard à pointe arrondie, avec lequel il débouche le *chio*, et qui lui sert à sonder le creuset, pour s'assurer du degré de consistance des matières.

4° Quelques ringards ou barres de fer pourvues de poignées en bois et avec lesquelles il forme les lopins lorsqu'il affine par attachement.

Digitized by Google

5° Une pelle qui lui sert près du foyer.

6° Une autre pelle dont il fait usage pour enlever les scories, pour déblayer, etc.

7° Un crochet avec lequel il nettoie la tuyère.

8° Un crochet qu'il emploie pour faire sortir la loupe du foyer : c'est une simple barre de fer coudée et pourvue d'un manche de bois.

1141. Toutes les opérations de l'affineur se divisent en deux parties bien distinctes : la première comprend la fusion du fer cru, pendant laquelle on chauffe et l'on étire le fer de la loupe précédente; la deuxième, le travail de la loupe, proprement dit l'*affinage*.

1142. Les différentes substances étrangères qui se forment pendant l'affinage, substances dont une partie peut servir et dont les autres deviennent inutiles, sont * :

1° Les *scories crues* ou laitiers pauvres. Ils se produisent pendant la fusion du fer cru et même après le premier soulèvement, si toutefois le métal conserve sa crudité. Très-liquides dans le creuset et en s'écoulant, ces scories se figent promptement par le contact de l'air et se détachent du ringard avec beaucoup de facilité. D'une couleur rouge foncé en sortant du chio, grises noirâtres après le refroidissement, douées de l'éclat métallique, elles sont poreuses et médiocrement pesantes. Accumulées en grande quantité dans le feu, elles empêchent l'affinage; mais on ne les emploie jamais pour retarder la coagulation, quel-

---

* Nous avons exposé au premier volume (paragraphe 273), les raisons qui nous ont engagé à appeler les laitiers riches *scories douces*, et les laitiers pauvres, d'après la traduction littérale du mot allemand, et par analogie avec le mot de fer cru, *scories crues* : il sera bientôt question de leur composition. Le T.

Digitized by Google

que disposée que puisse être la fonte à se prendre en masse, parce qu'elles portent un préjudice notable à la qualité du fer : plus légères que le métal, elles surnagent toujours. Il faut donc qu'on les fasse écouler par une haute percée, d'autant plus que la fonte s'échapperait aussi, étant encore liquide pendant la fusion. Après le premier soulèvement, le courant d'air les chasse quelquefois hors du foyer sous forme d'étoiles rouges ou bleuâtres, qui se refroidissent avant d'avoir touché terre. Les scories très-crues ne peuvent être d'aucun usage; lorsqu'elles le sont moins, on en retire beaucoup de fer par leur traitement dans les hauts fourneaux ou par l'affinage immédiat qui pourtant est moins avantageux.

2° Les *scories douces* ou laitiers riches. Ils se forment immédiatement avant qu'on *avale**; lorsque le métal commence à passer à l'état de fer ductile, et ensuite pendant tout le temps que la loupe reste encore dans le foyer. Ces scories ne sont point déplacées par le fer; elles occupent la partie inférieure du creuset. Si donc on veut les faire écouler, il faut que la percée soit très-basse; mais on ne le fait que lorsque, amoncelées en grande abondance, elles gênent le travail dit *par attachement* : il vaut bien mieux les conserver dans le feu et les loger vers le contrevent, en y soulevant la masse, parce qu'elles entraîneraient avec elles un peu de métal. Elles s'écoulent avec lenteur, se figent moins vite que les laitiers pauvres, ne présentent pas comme ceux-ci un aspect coulé, prennent toutes sortes de formes, sont chassées par le vent sous forme d'étoiles blanches argentines, ont une couleur gris de fer après le refroidissement, sont lourdes et brillantes, possèdent un éclat demi-métallique, contiennent 80 à 90 p. % d'oxidule de fer, favorisent l'affinage étant jetées dans le feu

* C'est le dernier travail que l'on fasse subir à la coupe. Le T.

au moment de la fusion, et offrent à l'affineur le meilleur moyen qu'il puisse employer pour accélérer la coagulation du métal, puisqu'elles augmentent aussi le produit.

On doit les mettre à part, ne jamais les mêler avec les laitiers pauvres, qui ne peuvent hâter la conversion de la fonte en fer ductile, parce qu'ils constituent un silicate de fer qui a passé à l'état vitreux et qui se réduit difficilement.

3° La sorne*. Elle n'est autre chose qu'une scorie douce durcie, restée dans le feu, et dont une partie adhère à la loupe. L'affineur doit la pousser vers le milieu du creuset, après en avoir retiré la loupe; la réunir aux scories douces et placer sur le tas formé de cette manière, la fonte destinée pour la fusion suivante. Cette sorne et les scories douces offrent un moyen d'autant plus puissant pour accélérer l'affinage qu'elles sont moins avancées en vitrification.

4° Les battitures. On les ramasse autour de l'enclume en assez grande quantité. Cette matière se détache de la loupe, et souvent en gros morceaux, pendant le cinglage; elle constitue comme ces dernières, l'oxide intermédiaire, appelé oxidum ferroso-ferricum, et ressemble sous le rapport de sa composition aux battitures des petites forges. L'affineur ne doit pas se servir, pendant la fusion, de celle qui est sous forme de petites feuilles minces; il ne doit en faire usage que pendant le travail de la loupe, lorsqu'il veut accélérer l'affinage.

1143. Il est important qu'on ait une idée juste de la composition des scories, pour bien comprendre la théorie de l'affinage. Les fontes qui contiennent le plus de silicium

---

* On ne doit point la confondre avec celle que l'on détache des plaques avant de commencer le travail de la loupe; cette dernière espèce de sorne composée presqu'entièrement de fraisil durci, n'est d'aucun usage.
Le T.

Digitized by Google

donnent les scories les plus crues, c'est-à-dire les scories les plus pauvres en fer et les plus riches en silice. La fonte obtenue au coke avec un mélange de minérais et de fondans un peu réfractaires, et par une haute température, ainsi que la fonte blanche grenue, qu'on obtient sans que le fourneau soit dérangé, ces fontes, dis-je, donnent par leur fusion au feu d'affinerie, des scories tellement crues qu'elles ressemblent au laitier de hauts fourneaux obtenu par surcharge de minérais : elles contiennent plus de silice qu'il n'en faudrait même pour former un silicate; de sorte qu'on peut les placer entre le silicate et le bisilicate. Mais à mesure que la décarburation du fer cru s'avance, les scories produites contiennent moins de silice et prennent l'aspect des scories crues ordinaires. La composition de ces dernières se rapproche de celle du silicate d'oxidule de fer; cependant elles contiennent tantôt un peu plus, et tantôt un peu moins de silice.

En général les scories qui se forment d'abord, sont les plus crues ou les plus riches en silice; celles qu'on obtient plus tard renferment ce corps en moindre quantité, et ainsi de suite, de manière qu'elles se changent en scories douces par des transitions insensibles. La dose de silice renfermée dans ces dernières n'est plus assez grande pour permettre une liquéfaction entière au feu d'affinerie; elles ne forment donc qu'une masse frittée.

On voit d'après ce qui précède qu'il n'existe point de limites positives entre les scories crues et les scories douces; ce n'est que par leur aspect extérieur (1142) qu'on peut juger si elles peuvent être employées pendant l'affinage, pour accélérer la conversion du métal en fer ductile. Cependant leur forme se règle d'après leur composition. On peut regarder comme scories douces celles dont le contenu en oxidule de fer est plus grand qu'il ne devrait être pour un silicate; elles peuvent céder alors leur excès

Digitized by Google

d'oxidule, et n'en retenir que ce qui sera nécessaire pour la formation du silicate.

1144. Si l'on regarde la fonte liquide et soumise par conséquent à un haut degré de chaleur, comme un composé de fer et de carbone, modifié d'ailleurs par la présence accidentelle d'autres substances, on conçoit que le courant d'air ne peut effectuer la séparation du carbone qu'en oxidant le fer avec lequel il est combiné. Il n'en est pas ainsi lorsque la fonte à l'état solide se trouve exposée au grillage, parce que la décarburation est alors plus lente et que le carbone contenu dans le fer peut décomposer l'oxidule naissant, à mesure qu'il se renouvelle. Ainsi en grillant la fonte assez long-temps soit au contact de l'air, soit en la cémentant avec des substances qui cèdent leur oxigène, on peut la convertir peu à peu en fer ductile, sans qu'il en résulte une forte oxidation. Quand au contraire la matière mise en fusion est soumise à l'action du courant d'air rendue très-énergique par l'influence d'une haute température, l'oxidation devient si prompte et se propage avec une si grande rapidité, que le carbone de la fonte ne peut plus effectuer la décomposition de l'oxidule. C'est aussi pour cette raison que le métal, *grillé seulement,* se couvre d'une forte couche d'oxide, lorsque, sans le défendre contre l'action de l'air, on produit un degré de chaleur très-élevé.

Il résulte de ce qui précède, que la décarburation effectuée à la chaleur de la fusion par l'oxigène libre, c'est-à-dire par le vent des machines soufflantes, ne peut avoir lieu sans être accompagnée d'une oxidation presque générale.

1145. Les phénomènes sont bien différens de ceux que nous venons de citer, lorsqu'on fait agir l'oxigène com-

Digitized by Google

biné avec une autre substance, au lieu d'employer l'oxigène libre. Dans ce cas la décarburation du carbone peut s'effectuer sans que le fer combiné avec ce dernier soit attaqué par le réactif.

Il existe à la vérité une foule de corps oxidés qui, dans les hautes températures sont aussi décomposés par le fer, dont ils oxident une partie, pour entrer avec le reste en combinaison (voyez la première section); mais l'action de ces corps est très-affaiblie lorsqu'ils se trouvent combinés avec d'autres substances. La silice par exemple qui, par une chaleur intense, oxide le fer et dont le silicium se combine ensuite avec une partie du métal, possède cette propriété à un bien moindre degré lorsque, unie à une base, elle se présente dans le verre ou dans les scories. D'autres corps tels que la chaux, l'oxidule de manganèze, l'oxide de plomb, n'exercent point d'action sur le fer pur, soumis à la température de la fusion, ou n'en exercent que très-peu: on conçoit qu'il doit en être de même de l'oxidule de fer.

Il s'ensuit aussi que les scories de forge qui renferment la silice à l'état de combinaison avec l'oxidule, ne peuvent agir sur le fer: ce serait dans le cas seulement où il y aurait excès de silice que sa présence serait à craindre. Voilà ce que l'expérience confirme pleinement; ces scories très-crues s'opposent à la conversion de la fonte en fer ductile. C'est pour cette raison qu'on s'en débarrasse dans l'opération de l'affinage.

Quand au contraire les scories douces, pauvres en silice et riches en oxidule de fer, sont mises en contact avec la fonte, une partie de leur oxidule agit sur le carbone combiné, sans attaquer le métal. C'est par suite de cet excellent effet que l'oxidule de fer présente le meilleur moyen d'éloigner de la fonte le carbone sans accroître le déchet: la masse se trouve même augmentée de toute

Digitized by Google

la quantité de métal contenue dans l'oxidule décomposé; cependant cette augmentation de produit ne peut compenser le déchet occasionné par le courant d'air.

Si d'un côté l'action nuisible de la silice se trouve affaiblie, ou même annulée par sa combinaison avec l'oxidule de fer, il en résulte aussi que l'influence de ce dernier sur le carbone est considérablement diminuée. Cette influence décroît à mesure que la proportion de la silice augmente; il arrive un point où, à la chaleur des feux d'affinerie, elle est entièrement nulle, et l'expérience prouve que cette limite est celle où les scories constituent un silicate. Il est possible que par des températures plus élevées, l'oxidule contenu dans les silicates ou dans les bisilicates mêmes exerce encore quelqu'action sur le carbone de la fonte.

Les scories crues sont donc des silicates, qui ne peuvent décarburer la fonte et qui, dans certains cas, s'opposent aux progrès de l'affinage. Les sous silicates doivent au contraire être considérés comme scories douces, parce qu'ils changent le fer cru en fer doux, et leur action est d'autant plus prononcée qu'ils renferment une plus grande quantité d'oxidule. Les unes s'obtiennent au commencement, les autres vers la fin de l'affinage.

1146. Ainsi le changement de la fonte en fer ductile ne s'effectue, soit dans les feux d'affinerie, soit dans les fours à réverbère, que par l'action de l'oxidule sur le carbone contenu dans la fonte. Le vent des machines soufflantes ou bien le courant d'air libre agit avec trop d'énergie; il occasionne à la fois et la combustion du carbone et l'oxidation du métal. Mais l'oxidule formé de cette manière devient précisément l'agent principal qui commence et qui termine l'opération. Si par un procédé quelconque, on pouvait modifier la formation de l'oxidule

Digitized by Google

et l'arrêter au moment où la quantité produite serait suffisante pour opérer la combustion du carbone de la fonte, on travaillerait pour ainsi dire sans déchet; mais l'ouvrier le plus adroit ne peut empêcher qu'il ne se forme dans les foyers d'affinerie plus d'oxidule qu'on ne devrait en employer si, en vase clos, on le mettait en fusion avec la fonte, pour la convertir en fer ductile.

Des métallurgistes ont proposé depuis quelques temps de puiser la fonte liquide dans les hauts fourneaux, de la porter au four à réverbère et de la verser dans un bain de scories. Nul doute qu'on ne puisse obtenir par ce procédé du fer affiné. Mais outre le carbone, la fonte renferme encore d'autres substances qui doivent être chassées par l'affinage. Or l'expérience a prouvé que l'oxigène contenu dans l'oxidule de fer n'agit pas avec assez d'énergie sur le silicium, le manganèse et les autres corps qui, souillant la fonte, resteraient alors en grande quantité dans le fer obtenu et lui donneraient une très-mauvaise qualité. Bien que ces substances soient plus oxidables que le fer, il paraît qu'on ne peut en opérer le départ que par l'action de l'oxigène libre: on ne pourrait s'en débarrasser, en traitant le fer cru avec des scories douces en vase clos. Ce n'est que la fonte la plus pure, celle par exemple que donne la fusion du fer en barre cémenté avec le carbone, qui, traitée de cette manière, pourrait offrir de bons produits. Mais la fonte ordinaire doit nécessairement éprouver à la chaleur de la fusion l'action directe du courant d'air, pour céder le silicium, le manganèse, etc., tout en conservant d'abord la majeure partie de son carbone.

On conçoit maintenant que les scories d'affinage obtenues par la première fusion, doivent être plus pauvres en fer, et plus riches en silice, en phosphore, en manganèse, etc., que ne le sont celles qui naissent dans les opérations subséquentes; attendu que ces corps, plus oxidables que

Digitized by Google

le fer, passent d'abord en majeure partie à l'état d'oxides. Les scories douces se forment plus tard, lorsque le métal est débarrassé de ces substances étrangères, et c'est alors seulement que doit commencer la décarburation ou l'affinage.

La fonte qui tombe par petites gouttes dans le creuset, est plus exposée à l'influence du courant d'air que ne le serait celle qui formerait seulement une masse pâteuse ou demi-liquide. C'est particulièrement pour cette raison que la fonte grise, quoique plus impure ou plus chargée de silicium et de manganèse que ne l'est la fonte blanche provenant des mêmes minérais, donne pourtant de meilleur fer, quand on la traite dans les feux d'affinerie.

1147. Les substances minérales cristallisées offrent en général des proportions déterminées; les cristaux des scories de forge ne font point d'exception à cette règle. M. Mitscherlich, qui les a soumises à l'analyse, les a trouvées composées de la manière suivante:

Oxidule de fer.	67,24
Silice.	31,16
Magnésie.	0,65
	99,05

Cette composition correspond à celle d'un silicate qui, d'après les calculs, doit contenir 68,84 d'oxidule et 31,16 de silice. Ces scories étaient par conséquent de l'espèce de celles que nous avons appelées scories crues ou laitier pauvre. Au reste il est probable qu'on ne trouvera jamais de scories douces cristallisées, parce qu'elles renferment l'oxidule de fer en proportions très-variables. S'il s'en présentait affectant des formes cristallines, elles se montreraient composées comme le sous silicate.

Toutes les scories non cristallisées doivent avoir une composition très-variable, selon la période de l'affinage à

Digitized by Google

laquelle elles ont pris naissance : on n'a pas encore analysé les scories les plus crues, obtenues par l'affinage de la fonte douce, produite dans des fourneaux à coke par des minérais réfractaires. Au reste voici un tableau de plusieurs analyses qui prouvent l'extrême variété de ces substances.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*h.*
Silice........	16,4	8,8	32,959	32,346	7,60	38,55	28,0	11,10
Oxidule de fer..........	79,0	84,0	61,235	62,042	82,10	44,48	61,2	84,30
Magnésie ...	»	1,0	1,896	1,404	2,80	»	2,4	1,05
Chaux	3,0	2,2	»	»	»	3,13	0,9	0,13
Alumine....	1,2	2,0	1,560	»	1,10	3,15	0,2	0,09
Oxidule de manganèse.	0,6	2,5	1,301	2,645	6,80	11,05	6,7	2,80
Potasse	»	»	0,204	0,285	»	»	Trace.	Trace.
	100,2	100,5	99,155	98,722	100,40	100,36	99,4	99,47

a. Scories des forges de Frettevale (Loire et Cher); on doit les compter parmi celles que nous avons appelées scories douces. L'analyse est de M. Berthier.

b. Scories qui proviennent de Guerigny (Nièvre); elles sont plus douces que les précédentes. L'analyse est due au même chimiste.

c. Scories des forges de Dax, situées dans les Pyrénées; elles sont crues ou pauvres. L'analyse est de M. Walchner.

d. Scories de Bodenhausen (Harz); ce sont aussi des scories crues. L'analyse est aussi de M. Walchner.

e. Scories de Ward (près de Skebo); elles sont très-douces. L'analyse est de M. Sefstrœm.

f. Ces scories sont aussi de Skebo; elles sont très-pauvres, puisque l'oxigène contenu dans la silice est

Digitized by Google

20,015; tandis que celui des bases est seulement de 14,401. L'analyse est du même auteur.

g. Scories de Rybnick (Haute-Silésie); elles ont été obtenues par l'affinage de la fonte grise produite au coke; ce sont des scories crues ordinaires.

h. Ces scories proviennent des mêmes forges; elles ont été obtenues par le même essai d'affinage, à une période plus avancée: elles sont douces. L'analyse des unes et celle des autres sont de M. Karsten.

1148. Après avoir établi la théorie de l'affinage comme nous venons de le faire, nous allons parler de son application à la pratique.

Bien que le feu soit construit comme la nature de la fonte semble l'exiger, l'opération ne suit jamais la même marche; le métal est tantôt plus, tantôt moins disposé à se changer en fer ductile, ou bien à se prendre en une masse solide. Dès que la fusion a commencé, on remarque à ce sujet des variations étonnantes dans la même gueuse et en faisant usage des mêmes charbons. Il est donc nécessaire que l'affineur connaisse à chaque instant le degré de consistance des matières fondues; c'est pour cette raison qu'il les sonde fréquemment avec le lache laitier.

Lorsque le métal est si liquide qu'avec le ringard dont le bout est arrondi, on puisse le traverser facilement et pénétrer jusqu'au fond sans aucun effort, le fer a conservé presque toute sa crudité.

L'allure est très-bonne au contraire, si la masse a une consistance pâteuse, de manière qu'on puisse encore sentir le fond : dans ce cas le changement de nature du métal n'est ni trop avancé ni trop en retard.

Bien que les matières doivent résister sous le ringard jusqu'à un certain point, il ne faut pas qu'elles soient dures comme un corps solide : si elles ne se laissent pas

Digitized by Google

traverser par le ringard, l'affinage est trop avancé; mais il ne faut point se tromper à cet égard; il arrive souvent que la surface de la loupe devient très-dure et que l'intérieur reste à l'état de fer cru.

1149. Avant d'approcher la gueuse de la tuyère, on voit d'abord si l'on doit rafraîchir la plaque de fond: on s'en assure, soit par l'aspect des différentes taques, soit par celui de la pièce qu'on chauffe et qui provient de la loupe précédente. On garnit ensuite la partie antérieure de l'aire et tout le pourtour du creuset avec du fraisil ou de petits charbons. S'il est nécessaire, on retire du foyer une partie de la sorne ou des scories douces; dans le cas contraire elles y restent en entier: on en juge par la nature du fer cru. Enfin on couvre le fond de menus charbons provenant de l'affinage précédent. Le but de cette disposition préliminaire est de rétrécir le foyer, de concentrer la chaleur et d'économiser le combustible.

On arrose le fraisil continuellement afin que le vent ne puisse l'enlever.

Cela fait, on avance la gueuse dans la direction de la tuyère. Placée sur des rouleaux, elle devient plus facile à manœuvrer; elle est rehaussée, afin que le vent puisse la caresser en dessous au lieu de la frapper directement. La gueuse grise doit être rapprochée à 6 pouces de la tuyère; la fonte blanche en est tenue à une plus grande distance. Si l'on sait par expérience que la fonte est disposée à devenir très-liquide, on emploie toute la sorne et toutes les scories douces qui ont été obtenues par l'affinage de la loupe précédente; c'est-à-dire qu'on les laisse dans le foyer, et qu'on y ajoute encore tout ce qu'on ramasse autour du marteau, etc. Si au contraire le métal est disposé à louper, et si l'on a des raisons pour ne pas

Digitized by Google

changer la construction du feu, on y jette 20 à 30 livres de *brocaille*, ou fonte répandue, qui entre rapidement en fusion, entretient la masse fondue à l'état pâteux et l'empêche de changer si promptement de nature. Dans d'autres circonstances, on affine la brocaille en la plaçant sur la gueuse.

Pressé par le temps, on met quelquefois un morceau de fonte dans le feu, lors même que le métal n'est pas disposé à louper, ce qui peut arriver lorsqu'on travaille en très-gros fer, en lopins, et que le forgeage s'expédie avec rapidité; il faut alors prendre ses mesures pour donner au métal fondu, la consistance voulue et pour favoriser son passage à l'état de fer ductile.

Si, après la fusion, le métal est tellement disposé à se durcir, qu'on ne puisse l'entretenir à l'état pâteux en faisant usage de brocaille, on est forcé d'en venir aux moyens extrêmes, et de jeter du sable dans le foyer; mais ce cas se présente très-rarement, lorsque le feu est monté d'une manière convenable.

Il est presqu'inutile d'ajouter que la gueuse doit être placée exactement dans le sens de la tuyère *.

1150. Après avoir avancé la gueuse et mis dans le creuset, selon la nature du fer cru, de la sorne ou de la brocaille, on y verse une *rasse* de charbon et l'on fait agir les machines soufflantes. Si la fonte est blanche par surcharge de minérais, le vent doit être plus fort qu'il ne le serait si elle était grise. L'attention de l'ouvrier doit se porter alors sur le fraisil qu'il arrose souvent, pour l'empêcher d'être chassé par le courant d'air; sur les scories, qui ne doivent point s'accumuler dans le feu en

* Dans nos forges la gueuse se place le plus souvent dans le sens perpendiculaire à la tuyère. Le T.

Digitized by Google

trop grande quantité tant qu'elles sont crues; il les sonde pour cet effet avec le ringard, ou bien il consulte l'aspect de la tuyère et les fait écouler, s'il est nécessaire; sur les charbons qu'il arrose et qu'il comprime souvent avec la pelle, afin que le vent ne puisse les déplacer; enfin sur la gueuse qu'il fait avancer à mesure que la partie antérieure est mise en liquéfaction. La percée par laquelle il lâche les scories, ne doit pas être trop basse, parce qu'une partie de ces matières doit rester dans le feu, pour empêcher l'oxidation de la fonte et pour diminuer le déchet. Vers la fin de la fusion, l'affineur sonde plus souvent la masse fondue. Si elle est un peu dure, il augmente le vent; dans le cas contraire, il tâche de la soulever près du contrevent avec le grand ringard, qu'il enfonce et qu'il abat ensuite, en prenant pour point d'appui la plaque de l'avant foyer: si au bout de quelques minutes, il n'en résulte point de changement marqué, il jette dans le foyer du laitier riche, de la sorne ou bien des battitures, et recommence la même opération.

On a pour but d'amener par ces manipulations la masse fondue vers la fin de la fusion à l'état de pâte épaisse, afin de faciliter le travail ultérieur, de diminuer le déchet et d'obtenir de bon fer.

1151. Après avoir fondu de cette manière la quantité de fer cru nécessaire pour une pièce, on commence le travail de la loupe. Cette opération présente deux périodes bien distinctes : pendant la première on soulève une ou plusieurs fois la masse avant qu'elle soit disposée à entrer en effervescence; pendant la deuxième, on soulève le métal dont la conversion en fer ductile est déjà très-avancée et qui fond ensuite en bouillonnant, c'est ce qu'on appelle *avaler* la loupe *. Aussitôt que la fusion est terminée,

* Nous nous servirons, pour désigner la première de ces opérations,

Digitized by Google

l'affineur enlève les petits charbons qui couvrent la partie antérieure de l'aire, la débarrasse entièrement, met le fer à nu après avoir opéré l'écoulement des scories, détache du côté du chio d'abord et ensuite près du contrevent, la sorne qui fait corps avec la masse métallique.

Cela fait, l'ouvrier commence le travail de la loupe, saisit le grand ringard, l'enfonce près du contrevent jusqu'au fond, appuie sur l'autre extrémité de tout le poids de son corps pour soulever la masse, et, pour la dégager complètement, il enfonce son ringard dans le coin formé par la varme et le laiterol, embarre ensuite dans une direction diagonale et parvient de cette manière à la séparer de la varme, à la rapprocher davantage du contrevent, à l'éloigner par conséquent de la tuyère et à l'élever à une certaine hauteur, afin de pouvoir alors la tourner à volonté.

1152. Le travail subséquent ne dépend que de la nature du métal contenu dans le creuset. Il peut se présenter trois cas différens : ou la décarburation se trouve trop avancée, ou elle est trop retardée, ou bien elle est au point voulu.

Si la fonte a été trop décarburée pendant la fusion, ou bien si l'affinage est trop avancé, elle ne forme, étant soulevée, qu'un seul gâteau. Il peut toutefois arriver que l'affineur laisse refroidir le feu, afin de faire coaguler la matière qui alors se prend en une seule masse, quoique le fer ait conservé toute sa crudité ; mais c'est une pratique des plus vicieuses qui jamais ne devrait être tolérée, parce qu'on a d'autres moyens de faciliter le soulèvement. Lors donc que le premier cas a lieu, l'affineur embarre avec son ringard d'abord au contrevent et ensuite au coin formé par la varme et le laiterol, soulève toute la

de l'expression *soulever la masse* ou le *gâteau*; pour la deuxième, nous conserverons le terme d'ouvrier *avaler*. Le T.

Digitized by Google

masse, la fait avancer de la varme vers le contrevent, la dresse de manière que la surface supérieure soit placée vis-à-vis de la tuyère, fait jeter une rasse de charbon dans le feu et renverse ensuite le gâteau sur ce charbon, de manière que le côté qui touchait au contrevent, soit tourné vers la *tuyère* et *vice versâ*. Dans cet état de choses, le travail est assez facile; l'affineur ne fait qu'alimenter le feu et maintenir le fer au-dessus des charbons incandescens, jusqu'au moment où le métal, suffisamment épuré, puisse être fondu; mais il perd beaucoup de temps, de combustible, de fonte et il obtient plus tard très-peu de fer par attachement. Il doit dans ces circonstances laisser les machines soufflantes agir lentement, couvrir le gâteau avec des charbons, empêcher le contact de l'air extérieur, qui hâterait l'affinage, rendrait imparfait le départ des matières et refroidirait le fer.

A mesure que les charbons se consument en-dessous, l'ouvrier les remplace par ceux qui, couvrant le gâteau, sont déjà embrasés, afin de ne pas occasionner de refroidissement. Si l'on ne retardait pas cette deuxième fusion et l'affinage, on obtiendrait un mauvais fer qui manquerait d'homogénéité et ne pourrait pas se forger. On ne peut empêcher le trop prompt affinage qu'en employant un vent faible et en laissant le métal toujours couvert de charbon.

Les scories qui se forment pendant cette opération doivent être lâchées, mais il faut en conserver dans le foyer, pour que le fer ne puisse toucher le fond immédiatement.

1153. Lorsque la masse fondue conserve presque toutes les propriétés du fer cru, ou lorsque l'affinage est retardé, ce qui a lieu ordinairement pour la première pièce de chaque semaine, le creuset étant alors refroidi, les scories

Digitized by Google

crues s'accumulent en si grande quantité, qu'on est obligé de les faire écouler en entier avant le premier soulèvement et après avoir ôté les charbons. Dans ce cas, la masse qu'on veut soulever se partage en une foule de petits morceaux, qui souvent n'ont que le volume du poing ou d'un œuf. L'affineur détache d'abord ceux qui se trouvent près du contrevent et les retire du feu; il fait de même au centre du creuset et finit par enlever ceux qui touchent la varme et qui sont plus affinés que les autres. Après avoir vidé le creuset entièrement, il y fait verser une rasse de charbon, et dispose ensuite sur le combustible les différens morceaux de fer, selon leur degré d'affinage, à une distance plus ou moins grande de la tuyère: ceux qui étaient près de la varme trouvent leur place du côté du contrevent et réciproquement. Les fragmens dont la décarburation est très-avancée sont mis à l'abri du vent en dessus de la tuyère; quelquefois même ils sont conservés jusqu'au deuxième soulèvement, ou, lorsqu'il n'a pas lieu, jusqu'à ce qu'on avale la loupe. Au fer disposé de la sorte, on ajoute une pelletée de scories douces, de sorne ou de battitures, que l'on jette près du contrevent; mais on doit ménager ce moyen d'accélérer l'opération, pour ne pas trop hâter la réunion des différens morceaux de métal en une seule masse et pour laisser aux matières étrangères le temps de se séparer du fer.

On fait ensuite agir les soufflets avec lenteur. Les morceaux de fonte s'épurent alors et s'agglutinent peu à peu; on facilite cette opération en ce sens qu'on les rapproche ensemble avec le ringard ou la pelle: on évite surtout que le vent ne se fasse un passage entre les fragmens, ou que des charbons ne viennent se loger entre eux, ce qui retarderait la décarburation bien plus encore. Quand l'ouvrier s'aperçoit que la majeure partie des morceaux présentés toujours au foyer de la chaleur, commencent à ne

Digitized by Google

plus former qu'une seule masse, il précipite le mouvement des machines soufflantes; le fer étant devenu moins fusible par un premier degré d'affinage, exige une plus haute température pour s'affiner ou pour s'épurer complètement, soit par l'action de l'oxidule de fer, soit par celle du courant d'air. Une issue ménagée alors au vent du côté opposé à la tuyère, laisse échapper des torrens de scories crues, lancées en l'air sous formes d'étoiles rouges ou bleuâtres. Ce moyen suffit pour s'en débarrasser, lorsqu'elles ne sont pas trop abondantes : si on les faisait écouler, on augmenterait le déchet. En usant de ces précautions, on laisse fondre tout le gâteau, et si le cas l'exige, on jette encore une pelletée de battitures dans le creuset.

Il est clair qu'en faisant agglutiner de cette façon les morceaux séparés, on perd beaucoup de temps et de charbon; mais on obtient de bon fer, sans que le déchet soit trop considérable.

1134. Examinons à présent le cas où la masse a reçu pendant la fusion le degré d'affinage le plus convenable. Lorsqu'on la soulève, elle se divise alors en trois ou quatre parties, qui, soumises à l'action du vent, présentent assez de surface pour être épurées en peu de temps et de la manière la plus avantageuse. L'affineur commence son travail près du contrevent, passe au milieu du creuset et finit près de la varme; il retire du feu les fragmens de métal, y verse une rasse de charbon, dispose ces fragmens sur le combustible, en les dérobant ou bien en les soumettant plus ou moins à l'influence du courant d'air, selon leur degré d'affinage, comme nous l'avons dit précédemment (1133) : ainsi les morceaux qui étaient devant la tuyère et dont l'affinage est déjà très-avancé doivent se placer au-dessus de ce tube; ceux qui présentent au contraire le caractère du fer cru, sont placés devant la

Digitized by Google

tuyère et soumis à l'action directe du courant d'air. Cela fait, l'ouvrier donne un vent plus fort, et jette même une pelletée de battitures dans le feu.

Dans ce cas, il est rarement nécessaire de faire écouler les scories; il suffit de leur ouvrir un passage du côté du contrevent, afin qu'elles soient chassées hors du feu sous forme d'étoiles. Les intervalles laissés entre les morceaux de métal, doivent être remplis de charbon, afin que la formation de l'oxidule de fer ne soit pas trop abondante, principalement lorsque ces morceaux paraissent disposés à s'agglutiner promptement : cependant on ne doit dans aucun cas boucher le passage aux scories qui sont chassées par le vent. Mais on doit se garder de mêler en quelque façon le combustible aux morceaux de métal, lorsqu'ils présentent encore le caractère du fer cru et qu'ils sont peu disposés à se souder ensemble; parce qu'on retarderait encore l'affinage et qu'on augmenterait la consommation de charbon. Traité de cette façon, le fer entre en fusion et descend dans le creuset. Lorsque le travail suit une marche si favorable, l'affineur gagne du temps, du charbon, et il obtient un fer d'une bonne qualité.

Pour économiser le combustible, on garnit le pourtour du foyer avec du fraisil et de la charbonnaille qu'on arrose fréquemment, ainsi qu'on le pratique pendant la fusion de la gueuse.

1155. Si l'ouvrier s'aperçoit que le fer conserve trop de crudité, il le soulève de nouveau; mais le travail est alors plus facile que la première fois, parce que le métal ne se partage ordinairement qu'en deux ou trois morceaux : on s'y prend du reste de la façon que nous venons d'indiquer.

Digitized by Google

1156. Quelquefois la fonte se refuse tellement à changer de nature, qu'on est obligé de procéder même à un troisième soulèvement avant d'avaler la loupe, ce qui occasionne une perte considérable de temps et de charbon; bien que le déchet se trouve compensé par la grande quantité de battitures qu'on jette dans le creuset. Si l'on était obligé de soulever la masse une quatrième fois, il faudrait à l'instant changer la construction du feu, à moins que, pendant le travail, on n'eût commis une faute des plus graves.

1157. Il existe des affineurs qui ont l'habitude de conserver à la fonte presque toute sa crudité pendant la fusion *; elle reste alors entièrement liquide et l'on ne pourrait la soulever sans la refroidir d'abord. Pour cet effet on arrête le vent aussitôt que la gueuse a été retirée et qu'on a enlevé le charbon qui couvre la masse fondue; on arrose cette dernière et l'on attend dix minutes, souvent même une demi-heure; pendant ce temps, l'affineur détache à plusieurs reprises les scories qui se figent plus tôt que le fer, il les enlève avec la pelle et nettoie la surface du gâteau. Le métal ne forme ensuite qu'une seule masse qu'on est obligé de traiter comme si la fonte était *loupante*, comme dans le cas où la décarburation est trop avancée.

Ce procédé, qu'on peut appeler *l'affinage par refroidissement*, est on ne peut plus vicieux; il en résulte des pertes de temps, de chaleur et de fonte même: on est quelquefois obligé d'attendre une demi-heure, comme nous l'avons dit, avant que la masse ne soit solidifiée; après le soulèvement, le creuset se trouve tellement refroidi, qu'on fait assez long temps agir les soufflets avant qu'il ne reprenne

* Il suffit, pour cet effet, de l'exposer directement au courant d'air.
Le T.

le degré de chaleur voulu; enfin, quand on retire avec la pelle les scories refroidies par l'eau, on ne peut s'empêcher d'enlever en même temps une certaine quantité de métal. De plus, le fer étant coagulé en un seul gâteau, ne présente plus assez de surface à l'action du courant d'air, ce qui prolonge l'opération et multiplie les dépenses de tous genres.

Cette mauvaise méthode est du reste fort commode pour les ouvriers paresseux qui craignent de s'exposer à la chaleur. Elle devient plus défectueuse encore lorsqu'ils jettent après le soulèvement une certaine quantité de quartz dans le creuset, usage qu'on voit encore subsister aujourd'hui dans quelques provinces rhénanes *.

Il existe à la vérité des fontes qui donnent pendant l'affinage tant de scories crues qu'on est obligé pour les enlever, de refroidir la surface du bain, en y jetant de l'eau; mais cette opération, qui doit s'exécuter avec promptitude, n'a pas pour but de rafraîchir le fer; on aurait tort de la confondre avec l'affinage par refroidissement.

---

* L'usage du quartz jeté dans les creusets d'affinerie, se pratique dans la plupart de nos forges; quelque défectueux que puisse être ce procédé, il est probable qu'on le suivra long-temps encore: rien de plus commode pour l'ouvrier; peu lui importe que la fonte soit très-disposée à louper, il saura toujours par ce puissant agent, et sans donner un coup de ringard de plus, rendre à la matière le degré de consistance voulu; c'est de cette manière que, dans le même foyer, et sans changer la profondeur du creuset ni l'inclinaison de la tuyère, on affine indistinctement la fonte blanche et la gueuse la plus grise; quelle que soit la nature du fer cru, on emploie des battitures pendant la fusion, sauf à détruire leur effet avec des cailloux. Qu'en résulte-t-il? On ne peut obtenir de bon fer qu'autant que les fontes soient excellentes, les produits manquent d'homogénéité, une certaine quantité en est toujours vicieuse, puisqu'une partie de la silice se réduit, et que le métal terreux se combine avec une portion de fer rendu par cet alliage plus dur et plus aigre; le reste ou la majeure partie de la silice entre avec l'oxide en vitrification et augmente le déchet.

Le T.

Digitized by Google

L'affinage de la fonte qui renferme du phosphore, ne doit avoir lieu que par une fusion très-rapide, de manière que le métal fondu conserve beaucoup de carbone. On parvient de cette manière, pendant la fusion, à convertir en acide phosphorique la majeure partie du phosphore. Au reste nous traiterons avec plus de détails de l'affinage de cette fonte.

1158. Il est rare que les bons ouvriers soulèvent la masse plus d'une ou de deux fois avant d'*avaler* la loupe: ils observent l'allure du feu et emploient, en fondant le fer cru, les moyens précités pour la régler de la manière la plus avantageuse.

On reconnaît la nécessité de soulever la masse à la couleur de la flamme, si toutefois le charbon est d'une bonne qualité. Une flamme blanche indique une bonne allure et un affinage suffisamment avancé. Une flamme bleuâtre annonce un état de crudité et le besoin de soulever encore une fois le gâteau avant d'avaler la loupe. Il en est de même, si le fer a une couleur rouge ou seulement rougeâtre, et si au lieu de former une seule masse, il est divisé en plusieurs morceaux. Mais une couleur claire jaunâtre, jointe à l'apparition d'étincelles blanches argentines, chassées par le vent, ne laissent plus de doute sur l'inutilité d'un soulèvement ultérieur.

1159. Quel que soit l'état du métal fondu et son degré d'affinage, il faut toujours le soumettre à la dernière opération que nous allons décrire, à moins que la fonte ne soit d'une puerté parfaite. Pour économiser le temps et le combustible, on a quelquefois essayé de s'endispenser, mais l'expérience s'est presque toujours prononcée contre cette manière d'abréger le travail: le fer devenait médiocre, se laissait cingler, mais il se forgeait mal.

Digitized by Google

1160. Pour *avaler la loupe*, on soulève toute la masse au-dessus de la tuyère, sans jeter d'abord de combustible frais dans le creuset, pour ne pas le refroidir: les charbons incandescens qui s'y trouvent, se logent naturellement sous le métal et produisent le haut degré de chaleur qui est nécessaire pour le faire entrer en fusion. Le vent passe tout à fait sous le gâteau et creuse, pour ainsi dire, le lit que la loupe doit occuper après avoir été fondue. L'affineur de son côté, prépare ce lit, en retirant la sorne attachée à la plaque de fond: il sonde avec son ringard dans toutes les directions, l'enfonce près de la tuyère, le promène le long du laiterol et ensuite dans la diagonale qui joint le sommet de l'angle formé par la varme et le laiterol à celui qui lui est opposé, et finit par l'autre diagonale en allant du contrevent vers la varme. Lorsqu'il trouve quelque matière solide, il la détache et cherche à la faire sortir du feu.

Après avoir renversé la masse sur les charbons embrasés, l'ouvrier la couvre de combustible frais et l'arrose, afin de la maintenir un peu plus long-temps au-dessus de la tuyère, ce qui est avantageux surtout pour un fer qui a changé difficilement de nature. L'affinage ne doit pas être trop avancé lorsqu'on veut opérer par attachement; afin que le métal puisse devenir assez liquide. Mais il faut dans tous les cas produire un haut degré de chaleur, qui fasse bouillonner le fer, le rende demi-liquide et opère un départ complet des scories. L'activité des machines soufflantes, le bouillonnement de la masse qui dans cet état présente au vent des points de contact nombreux, la haute température, tout concourt à l'épuration du métal au départ des dernières parties de carbone ou de substances étrangères. Il s'ensuit qu'il ne doit pas descendre dans le creuset avec trop de lenteur, ce qui aurait lieu s'il avait atteint le dernier degré d'affinage*; il faudrait alors le

* Parce que le bouillonnement ne serait pas assez actif. Le T.

Digitized by Google

couvrir soigneusement de charbons : mais on doit craindre de tomber dans le défaut opposé, de le faire disparaître trop promptement de devant la tuyère, ce qui aurait lieu s'il avait conservé beaucoup de carbone. Dans l'une et dans l'autre hypothèse, le fer ne serait pas assez exposé à l'action du courant d'air.

Quelle que soit la force du vent, il est difficile qu'il produise assez d'effet, lorsque l'affinage est très-avancé; l'oxidation occasionne d'ailleurs un déchet considérable; c'est pour cette raison que dans ce cas il ne faudrait pas prendre de fer par attachement. Si au contraire la masse n'est pas assez affinée, le bouillonnement devient faible et l'attachement ne peut avoir lieu que d'une manière forcée.

En général, quand on avale la loupe, la température doit être extrêmement élevée; afin qu'on puisse mettre le fer dans un état presque liquide, pour chasser complètement le carbone et les matières étrangères. Il faut donc employer un vent très-fort; si l'on ne pouvait accélérer le mouvement des soufflets, ou si l'affineur avait des raisons pour ne pas le faire, comme dans le cas précité *, on ne pourrait obtenir un bon produit. Les scories douces qui se produisent pendant cette période, entourent la loupe : si elles s'accumulaient en trop grande quantité, il faudrait les faire écouler, parce qu'elles gêneraient le travail de l'attachement ; du reste elles forment la sorne et l'on tâche de les conserver dans le creuset, à moins qu'elles ne deviennent trop abondantes.

1161. L'affinage par attachement n'est pas généralement adopté dans les usines où l'on suit la méthode allemande. Des maîtres de forges prétendent que cette pratique est préjudiciable à la bonté de la loupe : ce qu'il y a de cer-

* Lorsque le fer est encore un peu cru. Le T.

Digitized by Google

tain, c'est que le fer obtenu par attachement vaut bien mieux que l'autre; mais il ne s'ensuit pas que la loupe en soit devenue plus mauvaise. La méthode par attachement présente les avantages suivans :

1° L'ouvrier gagne du temps; la production en est donc augmentée;

2° Il gagne du charbon, parce que le forgeage subséquent ne dure pas aussi long-temps;

3° Il obtient une portion de fer d'une qualité excellente, et celui de la loupe, loin d'en être détérioré, devient souvent meilleur.

1162. On prend du fer par attachement, après avoir soulevé la loupe, pour l'avaler et au moment où la masse commence à bouillonner. Pour cet effet, l'affineur promène son ringard en différentes directions, depuis le laiterol jusqu'à la haire, en restant toujours dans le plan horizontal passant par la tuyère; quand il voit qu'il s'y attache et qu'il y adhère fortement du fer d'une couleur blanche, il tâche de former un creux, sans toucher cependant à la masse qui est en train de fondre. Cette espèce de voûte établie sous le gâteau devant la tuyère, lui facilite le moyen de bien tourner la barre d'attachement qu'il y enfonce : la chaleur étant la plus intense à ce point y opère une séparation complète des matières étrangères.

Aussitôt que l'ouvrier sent par le poids de cette barre qu'elle est chargée d'une certaine quantité de fer, il la retire, la plonge dans l'eau pour en détacher les scories, lui donne quelques coups de marteau et la refroidit ensuite dans ce liquide, pour accélérer l'attachement du fer qui s'y fige mieux lorsqu'elle est froide. Il répète cette opération jusqu'à ce que son lopin ait acquis un poids de 8 à 10 kil.; le second ouvrier l'étire ensuite, d'après les dimensions exigées, et le sépare de la barre d'attache-

Digitized by Google

ment au moyen du hacheron. Pendant ce temps, le premier place dans le creux une seconde barre, qu'il soigne de la même manière que l'autre, tout en réparant la voûte à mesure que les matières qui s'éboulent de tous côtés, viennent à l'obstruer. Après avoir achevé le deuxième lopin, il remet la première barre dans le feu, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute la masse soit descendue et que le bouillonnement ait cessé.

1163. En opérant par le procédé que nous venons d'indiquer, on est obligé de se débarrasser des scories qui se forment pendant l'effervescence de la masse, parce qu'elles gêneraient le travail par attachement : on tâche de les diriger vers le contrevent. Lorsqu'elles remplissent le creuset et que par la tuyère l'affineur les voit bouillonner, il est forcé de les faire écouler; mais il doit en conserver une partie dans le feu, pour ne pas brûler le fer en le mettant à nu. Une flamme vive d'une blancheur éclatante l'avertirait de cette combustion; il y remédierait en jetant des battitures dans le foyer.

La production d'une grande quantité de scories est la preuve de quelque mal-adresse et d'un affinage qui est trop avancé, ou qui ne l'est pas suffisamment.

1164. La masse de fer qu'on obtient par attachement est très-variable : elle dépend et du poids de la loupe et principalement de la nature du gâteau qu'on avale, ainsi que de l'adresse des affineurs. Quelquefois ils ne peuvent obtenir qu'un, deux ou trois lopins, quelquefois ils en obtiennent neuf ou dix. On ne peut trop recommander d'accélérer le mouvement des soufflets ; en oubliant cette condition indispensable, on perd tout l'avantage qu'offre cette manière d'opérer.

Tous les ouvriers s'efforcent d'obtenir beaucoup de fer

Digitized by Google

par attachement; mais dans les moyens qu'ils emploient ils sont souvent de mauvaise foi. Ils baissent l'extrémité de leur barre jusqu'à la plonger dans la masse qui est déjà fondue; ce n'est pas alors un véritable fer par attachement qu'ils obtiennent, comme il est facile d'ailleurs de s'en convaincre par l'inspection des lopins. Quelquefois aussi ils soulèvent une seconde fois la masse fondue, ce qui est contraire aux intérêts du propriétaire, parce qu'il en résulte non-seulement beaucoup de déchet, mais aussi un fer dur et aciéreux. Si l'on force de cette manière l'attachement, il se forme des scories crues dont il faut se débarrasser aussitôt, ce qui est la preuve d'un procédé des plus défectueux.

1165. Lorsque le travail de l'attachement est terminé, on ralentit le mouvement des soufflets et l'on achève de faire la loupe.

Il existe toujours de petits morceaux de fer qui, séparés de la masse par la force du vent, se trouvent répandus sur l'aire ou disséminés dans les charbons. L'ouvrier les cherche, les réunit à la loupe mise à nu sur une petite surface, les frappe à coups de pelle ou de crochet, jette même des battitures dans le creuset et débarrasse la tuyère, afin de favoriser cette agglutination.

1166. Cela fait, l'affineur tâche d'égaliser la surface de la loupe, de lui donner une forme plus régulière, lui applique des coups de crochet, la rafraîchit avec un peu d'eau, arrête le vent et la fait sortir du feu de la manière suivante :

Il commence par jeter d'abord une pelletée de battitures devant la tuyère, afin que les scories liquides ne puissent l'obstruer; il détache la loupe avec le ringard du côté de la varme; embarre dans le coin formé par

Digitized by Google

le laiterol et le contrevent pour la soulever complètement, tandis que l'autre affineur et le *goujat* la saisissent avec le crochet et l'entraînent sur la plaque antérieure de l'aire. Après en avoir détaché d'abord la sorne qu'on rejette dans le feu, on la fait tomber sur le sol de l'usine qui est couvert de plaques en fonte; on la frappe à grands coups de masse pour en unir la surface, et on la traîne près de l'enclume sur un petit chemin couvert de plaques de fonte. Aussitôt que le creuset est débarrassé, on le dispose pour la fusion suivante.

1167. Il faut que la loupe ait une forme ronde, légèrement allongée; c'est une preuve que le point où la chaleur est le plus intense, se trouve vers le milieu du feu, et que le vent n'est pas trop dirigé ni vers la rustine ni vers le chio: sa longueur doit être dans le sens de la largeur du creuset. Il faut qu'elle ait une couleur très-blanche au sortir du feu, que son éclat soit gras, qu'elle perde la sorne par écailles pendant le cinglage, qu'elle reçoive facilement l'impression du marteau et qu'elle ne donne pas une trop grande quantité de laitier.

1168. Lorsque le fer est hors du creuset, l'opération chimique est finie; il ne s'agit plus que de l'étirer au moyen d'opérations purement mécaniques *.

On profite de la chaleur de la loupe pour lui donner

* La compression qu'on fait éprouver à la loupe, aux lopins et aux maquettes n'a pas pour but unique, de donner au fer une forme déterminée; elle exerce la plus grande influence sur la ténacité du métal, non-seulement par le rapprochement des particules du fer et par l'expulsion des scories, mais aussi par une action chimique due à l'effet combiné des chaudes subséquentes et du martelage. Voyez à ce sujet le paragraphe 1099 et la note du traducteur ajoutée à ce paragraphe.

Le T.

Digitized by Google

une forme régulière et pour la couper en plusieurs parties qui puissent être maniées et forgées en barres avec facilité.

Les loupes obtenues par l'affinage à l'allemande ne pourraient être étirées par des cylindres, puisqu'elles sont trop grosses et que cette méthode ne permettrait pas de les diminuer; il faudrait les couper en lopins. Au reste, les travaux ultérieurs qu'on peut leur faire subir ne font pas essentiellement partie de l'affinage et peuvent s'exécuter de différentes manières.

1169. Le marteau, qui pèse 175 à 200 kilog., doit fournir au moins 90 à 100 coups par minute, et frapper avec beaucoup de force contre le rabat dont l'élasticité augmente considérablement l'effet qu'il peut produire *. Il faut qu'à l'état de repos, son manche soit horizontal et que sa panne se confonde avec la table de l'enclume; elles doivent être l'une et l'autre le plus étroites possible, pour abréger le forgeage: si la panne du marteau est large, le fer s'étire lentement.

La table de l'enclume reçoit une légère pente du devant à l'arrière. Si les barres qu'on veut étirer sont larges, cette pente doit être plus forte, afin qu'on puisse les parer lorsqu'elles sont placées de champ; sans cela le marteau frapperait par son talon et produirait des entailles.

Il est essentiel en outre, que la table de l'enclume soit

* Les marteaux de nos forges pèsent souvent 300 à 350 kilogrammes. C'est un grand inconvénient d'avoir des marteaux si lourds; parce qu'on est obligé de confectionner dans des usines particulières des échantillons de fer qui pourraient être étirés dans la grande forge, si le marteau était moins pesant. Mais il faut bien employer des marteaux si lourds, quand on n'en a qu'un seul pour desservir deux feux d'affinerie.

Le T.

Digitized by Google

parfaitement plane; creuse, elle ferait naître dans les barres des fentes longitudinales.

On doit visiter fréquemment les coins de l'ordon, et veiller à la solidité de la machine.

Au commencement de chaque semaine, on chauffe la tête du marteau avec des charbons rouges, pour éviter qu'il ne se brise pendant le forgeage.

1170. Les outils du forgeron sont:

1° Un gros levier qui est tantôt en bois et couvert de tôle au milieu, tantôt en fer et garni à ses deux extrémités de deux manches de bois: on s'en sert pour placer la loupe sur l'enclume.

2° Une barre de fer ou un levier plus petit, servant à retenir la loupe pendant le cinglage.

3° Deux hacherons, un grand et un petit. Ils sont en fer forgé et ressemblent à une hache à main, dont le taillant serait obtus et le manche en fer. On s'en sert pour couper la pièce en lopins; il suffit pour cet effet de placer le hacheron sur la barre posée elle-même sur l'enclume et de laisser agir le marteau.

4° Une grande tenaille (*écrevisse*). On en fait usage pour saisir la loupe et pour la tenir sur l'enclume au commencement du cinglage.

5° Une petite tenaille à cingler. On s'en sert pour achever le cinglage.

6° Deux tenailles à chauffer la pièce et les lopins.

7° Deux tenailles à retenir les lopins, pendant qu'on les dégrossit.

8° Deux tenailles à coquilles. Elles servent à tenir les lopins ébauchés, pendant qu'on les étire en maquettes.

On a en outre de petites tenailles pour la réparation des outils.

Digitized by Google

1171. Quand la loupe est près de l'enclume et qu'elle a été battue suffisamment à coups de masse, le forgeron la saisit avec *l'écrevisse*, la soulève un peu, afin que ses deux aides puissent engager le gros levier et la mettre sous le marteau. Elle est tenue de manière que la partie qui était tournée vers la varme soit couchée sur l'enclume, et que le côté opposé, celui qui touchait au contrevent, où le fer est moins bon et moins bien soudé, éprouve d'abord l'action du marteau. On fait succéder les coups lentement et pour aplatir la loupe et pour en faire sortir les scories; bientôt le mouvement est accéléré. Le forgeron avance alors, retire ou tourne la pièce de telle sorte que la surface en devienne uniforme. Il est aidé dans ce travail par un ouvrier qui soutient la masse avec le levier de fer et l'empêche de tomber.

Cela fait, il la retourne sur sa largeur de manière que le côté qui avoisinait le laiterol soit placé sur l'enclume, et que le marteau frappe sur celui de la haire. L'ouvrier maniant la pièce comme précédemment, fait agir le marteau avec toute sa vitesse: voilà ce qu'on appelle *cingler la loupe*.

1172. Il saisit ensuite la pièce avec la petite tenaille à cingler, la tourne de manière que le côté qui était en-dessus dans le foyer, touche l'enclume et que la surface opposée reçoive les coups du marteau, qui doit agir avec son maximum de force et de vitesse: la pièce reçoit alors la forme d'un parallélipipède. Après cela, le forgeron la saisit à l'endroit qui avoisinait la tuyère, l'étire un peu et ordonne à son aide de placer le hacheron du côté où était le contrevent, pour la couper en 4, 5 ou 6 morceaux. A mesure qu'on détache ces lopins, on les place dans le feu, mais on dégrossit un peu le dernier et l'on reporte les autres sur l'enclume, pour les ébaucher de la même façon,

Digitized by Google

afin qu'ils occupent moins de place dans le foyer et qu'ils subissent un moindre déchet en offrant au courant d'air des surfaces plus unies et une forme plus régulière.

1173. Pour étirer ces lopins, on les chauffe au blanc soudant; on a soin de les placer dans un certain ordre, selon la température et l'action de l'air qu'ils doivent éprouver, selon le temps qu'ils doivent rester dans le foyer, eu égard à leur degré de pureté.

Comme toutefois le lopin de la varme est le plus refroidi, on ne pourrait le chauffer et l'étirer le premier sans une perte de temps, quoique le fer en soit réellement le mieux affiné; on le place pour cette raison au-dessus de la tuyère, afin de ne point l'exposer au courant d'air. Le lopin du contrevent ainsi que son voisin, les moins épurés de tous, sont au contraire soumis un peu à l'action du vent.

Les deux lopins intermédiaires, ceux qui avoisinent le plus le lopin de la varme, se mettent aussi le plus près de la tuyère, afin qu'ils restent le moins de temps au feu : ils reçoivent les premiers le degré de chaleur voulu pour être étirés; mais on doit donner les chaudes avec beaucoup de précaution : si la loupe était complètement affinée, il faudrait plonger ces deux lopins dans le laitier pour les dérober entièrement à l'action du vent; si elle l'était moins, on pourrait les exposer légèrement à l'influence de l'air.

L'ouvrier les retourne de temps à autre, pour les chauffer également sur toutes les faces.

Les bonnes chaudes suantes peuvent corriger un fer vicieux et lui donner le degré d'affinage convenable : elles ne le détériorent jamais.

Lorsque le lopin placé le plus près de la tuyère, est parvenu à la chaleur blanche, on le débarrasse de sa tenaille à chauffer, pour le saisir avec les tenailles à coquilles, et pour le porter sous le marteau; on le rem-

Digitized by Google

place ensuite par le lopin de la varme, qui était mis en dépôt au-dessus de la tuyère; en le chauffant on doit avoir égard aussi à son degré d'affinage.

1174. On étire les lopins à moitié pour les changer en *maquettes,* ce sont des barres forgées aux dimensions voulues et dont l'une des extrémités, celle qui se trouvait entre les branches de la tenaille, conserve la grosseur du lopin; on laisse refroidir ces barres jusqu'à ce que tous les lopins aient subi la même opération. Comme celui du contrevent est le moins affiné, on le conserve plus long-temps dans le feu et on ne le forge que le dernier.

Dans certaines usines on ne procède à l'étirage de ces différentes maquettes que pendant la fusion subséquente. Ailleurs on les étire tout de suite, ce qui est plus avantageux, parce qu'on perd moins de temps et qu'on profite de la chaleur qu'elles retiennent encore; mais alors on ne peut se dispenser de plonger dans l'eau l'extrémité de chaque barre quand elle est encore rouge de feu, opération scabreuse, si les fers sont de médiocre qualité; quoi qu'il en soit, il faut dans tous les cas chauffer les lopins suivant l'ordre précédemment indiqué.

Pendant l'étirage des lopins en maquettes et le forgeage de celles-ci en barres, le marteau doit marcher sans discontinuation, à moins d'accidens particuliers: parmi ces accidens, il faut compter l'humidité du charbon, qui dégage peu de chaleur, retarde la chaude, occasionne une perte de temps, de combustible et une augmentation de déchet.

Si l'ouvrier est adroit, il abrége la durée du martelage, parce que son coup d'œil le dispense de contreforger le fer; il peut épargner nombre de coups de marteau qu'un homme moins habile, placé dans les mêmes cir-

Digitized by Google

constances, serait obligé de prodiguer. Il faut qu'en parant la barre, il la place exactement dans la direction de l'enclume, pour ne point former de rebords. La manière dont le marteau est emmanché contribue beaucoup à la netteté de l'ouvrage.

Des ouvriers paresseux laissent frapper le marteau sur les mêmes faces et négligent de retourner la barre, qui en reçoit une apparence mois belle: il est essentiel que ses quatre plans puissent toucher successivement l'enclume, dont la table est toujours bien plus lisse que la panne du marteau.

La promptitude de l'étirage dépend non-seulement de la force du coup, mais aussi de la forme du marteau: plus la panne est étroite, plus le travail se trouve accéléré.

Si le forgeron s'aperçoit qu'il ne peut étirer une barre en une seule chaude, il laisse subsister à l'extrémité une petite masse appelée *corrond*, qu'il fait chauffer plus tard: par ce moyen il évite que la barre forgée à froid sur la *reprise* ne devienne cassante.

Le temps employé pour le forgeage prolonge quelquefois la durée de la fusion, parce que l'affineur ne peut commencer le travail de la loupe avant que le feu soit débarrassé entièrement.

Lorsque tout le fer doit être forgé d'après des dimensions exactes, l'opération devient naturellement plus lente; les ouvriers doivent alors redoubler d'attention pour l'abréger autant qu'il est possible.

1175. Un feu bien desservi doit occuper cinq ouvriers: un maître affineur, un marteleur, deux chauffeurs et un aide. Le maître et le premier chauffeur travaillent ensemble, ainsi que le marteleur et le deuxième chauffeur; l'aide est à leurs ordres. Le travail commence dans la nuit du dimanche au lundi, et se prolonge sans discon-

Digitized by Google

tinuer jusqu'au soir du samedi. Le marteleur et le deuxième chauffeur font toujours la première tournée de chaque semaine. Pendant la fusion de la fonte, on étire les lopins de la dernière pièce; le chauffeur reste au feu pour soigner les chaudes et la fusion de la fonte; le marteleur est chargé du forgeage. L'aide apporte les charbons, tire la pale et tient les *échantillons* *; il a fini sa tournée aussitôt que le fer est forgé. Si la masse fondue est alors assez grande pour une loupe, le marteleur procède au premier soulèvement. Il est secondé de toutes les manières par le chauffeur qui apporte les charbons, enlève les scories, etc., etc.

Lorsqu'on prend du fer par attachement, le deuxième chauffeur tient une barre dans le feu, pendant que le marteleur en étire une autre; il la tourne, la porte sur l'enclume, lui fait donner quelques coups de marteau, la rafraîchit dans l'eau, la reporte au feu, jusqu'à ce que la première barre soit complètement étirée. Si cet ouvrier ne sait pas forger, il est remplacé par le premier chauffeur, dont la présence est d'ailleurs nécessaire; puisqu'il faut toujours trois ouvriers pour bien exécuter cette opération: un d'eux est constamment au marteau, un autre tient la barre et le troisième soigne le feu, tire la pale, etc. C'est pour cette raison que le deuxième chauffeur commence aussi la tournée suivante à la même période du travail.

Quand on est près de faire sortir la loupe du feu, on appelle aussi le maître. Le marteleur tient le ringard et soulève la masse, tandis que les deux chauffeurs la sai-

---

* Les échantillons sont des petits morceaux de fer minces, dans lesquels on a pratiqué des crans qui mesurent l'épaisseur et la largeur des barres: l'échantillon appliqué sur la barre pendant le forgeage guide le marteleur dans son travail. Le T.

Digitized by Google

sissent avec le crochet et l'emmènent sur la plaque du devant. Après l'avoir traînée près de l'enclume, le marteleur la saisit avec l'écrevisse, la soutient, afin que les deux autres ouvriers puissent engager le gros levier et la porter sous le marteau. Le premier cingle la loupe et ceux-ci la retiennent avec des barres de fer. Pendant ce temps, le maître prépare le feu et fait agir les machines soufflantes.

Lorsque la loupe est cinglée, le premier chauffeur achève de lui donner une forme parallélipipédique, la cédant ensuite au marteleur qui la tient par le bout de la varme, il pose le hacheron et la coupe en lopins. Le deuxième chauffeur continue de la soutenir avec une barre de fer. Le maître porte et place les lopins dans le feu; c'est ainsi que se termine la tournée du marteleur; celle du maître avec le premier chauffeur va commencer.

Ces deux ouvriers exécutent le forgeage alternativement. L'aide revient pour tirer la pale et tenir les échantillons: il s'en retourne quand tout le fer est forgé.

Durant l'affinage, le premier chauffeur rend au maître les services que le marteleur recevait du deuxième chauffeur; l'un et l'autre de ces ouvriers secondaires doivent, du reste, chercher à s'instruire dans le travail de l'affinage, pour avancer et devenir marteleurs à leur tour.

Quand on fait sortir la loupe, on rappelle tous les ouvriers, l'aide excepté; le marteleur la cingle, le maître arrange le feu, y porte les lopins, etc.

C'est ainsi que le travail est réparti entre les différens ouvriers. Chacun est à même de pouvoir s'instruire; l'aide pour devenir deuxième chauffeur, celui-ci pour devenir premier chauffeur, et ainsi de suite jusqu'au marteleur qui doit aspirer à succéder au maître et qui doit le remplacer au besoin: il en résulte une émulation avantageuse dans leur intérêt et dans celui du propriétaire. Le maître est chargé du reste de monter le feu et d'entretenir

Digitized by Google

les soufflets. Le marteleur a l'ordon sous sa surveillance; il doit le visiter fréquemment, serrer les coins, placer l'enclume, emmancher le marteau et lui donner une position convenable. C'est en raison de cette répartition des travaux que le maître et le premier chauffeur sont dans l'obligation de dégeler la roue des soufflets (briser les glaçons qui empêchent le mouvement), tout comme le marteleur et son chauffeur doivent le faire pour la roue du marteau.

On voit donc qu'il y a un chef dans chaque tournee, mais tous les ouvriers qui appartiennent à un feu, se trouvent néanmoins sous les ordres du maître. Cette hiérarchie est indispensable, surtout dans les usines où le maître répond des matières premières, où, payé des économies qu'il peut faire, il est chargé du remboursement d'un excès de consommation : le maître prend ensuite ses arrangemens avec les autres ouvriers au sujet de la consommation des matières premières.

Il vaut mieux du reste distribuer le travail comme nous venons de le dire, que de suivre l'usage adopté dans plusieurs usines, où toutes les loupes sont affinées par le maître aidé du premier chauffeur; tandis que le marteleur et le deuxième chauffeur ne sont chargés que du forgeage et de la fusion. C'est une disposition vicieuse; elle empêche les ouvriers d'apprendre leur métier et elle détruit l'émulation entre le maître et le marteleur. De mauvais ouvriers surveillant la fusion du fer cru, pourraient d'ailleurs augmenter les difficultés de l'affinage à dessein, pour se reposer plus long-temps; ils pourraient même jeter du sable dans le creuset. En un mot, celui qui affine doit avoir assisté à la fusion, pour savoir traiter le métal d'une manière convenable.

1176. Dans les forges allemandes le maître affineur est

Digitized by Google

responsable de la fonte et du charbon accordés par mille de fer; les quantités en sont déterminées par le marché; s'il en use davantage, il est obligé de payer le surplus à un prix fixé d'avance; s'il en use moins, il reçoit des primes proportionnées aux économies faites sur les matières premières. C'est un moyen non-seulement d'alléger le fardeau de la comptabilité et de la surveillance, mais aussi de rendre les ouvriers plus soigneux et plus économes.

Le déchet, qui est très-variable, dépend de la nature de la fonte et de l'adresse de l'ouvrier. Il augmente, lorsque le régule contient beaucoup de matières étrangères et qu'il est disposé à donner du fer ou rouverin ou cassant à froid, parce qu'on est obligé de soulever la masse un plus grand nombre de fois : il peut alors s'élever à 36 pour cent. Le déchet du fer cru ordinaire est à peu près de 28 pour cent. Dans les usines royales, on doit fournir pour 7 quintaux de fer cru, 5 quintaux de fer ductile; le déchet est donc de 28,56. Ces conditions sont très-avantageuses pour les ouvriers; ils peuvent faire des bénéfices, lorsqu'ils ont du zèle et de l'intelligence : si le fer cru est de bonne qualité, le déchet ne s'élève souvent que de 25 à 26 pour cent : pour 100 kilog. de fonte les ouvriers rendent presque toujours 74 à 75 kilogrammes de fer en barres.

La consommation de charbon dépend également de l'habileté des ouvriers et de la nature du fer cru. Dans les usines royales de la Silésie, on passe ordinairement 13$^{m. cub.}$ de charbon de bois blanc par 1000 kil. de fer ductile.

La quantité de fer fabriquée par semaine, varie non-seulement avec le travail des ouvriers, mais aussi avec la force des machines soufflantes; le poids et la vitesse du marteau, la qualité du fer cru, celle du combustible, enfin avec les dimensions exigées pour les barres. A mesure

Digitized by Google

que les eaux diminuent, on obtient moins de fer dans un temps donné et l'on consomme par mille, plus de fonte et plus de combustible. Si les diverses circonstances réunies ne sont pas trop défavorables, on en obtient dans nos usines par semaine et par feu, 28 à 30 quintaux métriques.

Cette quantité paraît faible au premier abord; mais il est à remarquer que les échantillons de fer fabriqués dans ces usines sont presque toujours très-petits, et qu'on exige une grande exactitude dans les dimensions. Si l'on demandait à nos ouvriers du gros fer, ils pourraient livrer moitié en sus des quantités que nous venons d'indiquer *.

1177. Quelque simples que paraissent les principes de l'affinage, l'application en est pourtant assez difficile. Si l'on avait pour but unique la séparation du carbone d'avec le fer, il faudrait affiner de préférence la fonte blanche, parce qu'elle l'abandonne plus vite et passe plus facilement à l'état de fer ductile, lorsqu'elle est en contact intime avec l'oxidule, quoiqu'elle puisse contenir autant de carbone que la fonte grise. Mais l'affinage a pour but aussi de chasser les matières étrangères: quoique la gueuse blanche les contienne en moindre quantité, elle présente à ce sujet de plus grandes difficultés que n'en offre la grise, puisqu'elle se change rapidement en un mauvais fer ductile avant d'être épurée. On est donc forcé de la maintenir

---

* Si l'on veut jeter les yeux sur le tableau du paragraphe 1267, on verra combien l'observation de M. Karsten est fondée. Il résulte de ce tableau que les affineurs prussiens sont obligés de fournir et de forger sous le gros marteau des barres qui n'ont que 11 millimètres d'épaisseur sur 30 millimètres de largeur. Un semblable travail retarde la fabrication et diminue considérablement la production journalière. Il est hors de doute qu'on l'augmenterait au moins de moitié, si l'on pouvait livrer le fer en grosses barres. Le T.

Digitized by Google

plus long-temps à l'état de fer cru, et l'on y parvient principalement par la manière dont on opère la fusion dans les foyers d'affinerie. Plus elle est rapide, plus le métal conserve de carbone, surtout lorsqu'il n'est pas exposé directement au courant d'air.

A mesure que le feu devient plus profond, la matière liquide est mieux garantie du vent, ce qui en retarde l'affinage; mais, comme elle est dérobée aussi à l'influence de la chaleur, l'opération devient incomplète.

Un vent plongeant exerce pendant la fusion moins d'action sur la gueuse que sur les charbons contenus dans le creuset. La masse fondue devient donc plus liquide, étant moins privée de son carbone; mais ensuite elle est plus exposée au courant d'air qu'elle ne le serait par un vent horizontal qui, pendant la fusion, agirait sur la fonte avec plus d'énergie *.

A mesure qu'on augmente la rapidité du courant d'air,

---

* Lorsque le vent plonge fortement, la gueuse peut pénétrer davantage dans le creuset, sans qu'elle soit exposée à l'action directe du courant d'air; soumise alors à une chaleur concentrée, elle fond vite et perd moins de carbone que dans le cas où le vent est horizontal. De plus, la fonte se décarbure et s'oxide dans le trajet que font les gouttes ou les écailles métalliques, qui se détachent de la gueuse et tombent dans le creuset; or, ce trajet est d'autant plus petit que le vent est plus plongeant, parce que la gueuse se trouve alors d'autant plus rapprochée de la sole, et que les gouttes, à mesure qu'elles se réunissent à la masse, sont dérobées à l'action du vent, soit par les charbons, soit par la couche de laitier qui couvre le bain.

Quand on travaille la loupe, un vent plongeant agit avec beaucoup d'énergie sur le fer et en hâte la décarburation; mais, comme ce vent produit aussi beaucoup de chaleur au fond du creuset, le fer conserve le plus long-temps qu'il est possible l'état liquide ou pâteux. Il s'ensuit donc que le plongement du jet d'air doit être employé surtout pour l'affinage de la fonte blanche, parce qu'il l'empêche de louper ou de se solidifier trop vite, et qu'il prolonge le travail tout en contribuant essentiellement à l'épuration du métal. Le T.

Digitized by Google

la chaleur devient plus intense, les gouttes se succèdent avec plus de rapidité, la fonte est moins long-temps exposée au vent avant d'être liquide; elle conserve son carbone et pourrait même, si la température était très-forte, en absorber une nouvelle quantité. C'est pour cette raison que le charbon dur et un vent fort retardent toujours la décarburation du métal pendant la fusion, et rendent la matière plus liquide. En général les effets combinés du charbon et de l'oxigène sont très-variables, selon les différentes périodes de l'opération : un vent fort et plongeant retarde l'affinage pendant la fusion et peut le favoriser lorsqu'on travaille la masse: tout dépend du degré de liquidité du fer, des circonstances dans lesquelles il est soumis à l'action de l'oxidule formé par le courant d'air, et de la manière dont il est entouré par le charbon. Pendant le travail du métal, on évite le plus possible de le mettre en contact avec du combustible frais ; on l'expose au vent et par suite à l'influence de l'oxidule naissant : le contraire a lieu pendant la fusion, parce que la méthode allemande a pour but de rendre le fer cru très-liquide.

Si l'on voulait hâter l'opération par l'emploi d'un feu moins profond et d'un vent moins fort et moins plongeant, on obtiendrait plus de fer dans un temps donné et avec une moindre consommation de matières premières ; mais on ne parviendrait pas à éloigner les substances nuisibles : le fer serait plus ou moins cassant à froid ou rouverin. L'ouvrier qui traite une fonte impure doit donc retarder l'affinage, quelle que soit la tendance de la masse à se figer et à se convertir promptement en fer ductile; si au contraire le métal se coagule difficilement, il ne doit pas combattre cette disposition par des moyens trop énergiques. Ces difficultés sont inconnues aux affineurs habitués à travailler sur des fontes pures; ils préfèrent même celles qui se changent rapidement en fer ductile, et loin de s'y

Digitized by Google

opposer, ils montent leur feu de manière à hâter ce changement. Quelquefois ils rendent leur fer déjà malléable après le premier soulèvement. L'affineur allemand pourrait y parvenir aussi; mais, opérant sur des fontes moins bonnes, il n'obtiendrait qu'un mauvais produit.

Concluons de tout ceci, qu'il faut se procurer avant tout, la fonte la plus pure possible. Quelles que soient les pertes qu'on voudrait supporter en fer, en combustible et en main-d'œuvre, il serait difficile à l'affineur de remédier entièrement aux vices du fer cru. Il en résulte aussi qu'une amélioration essentielle dans le procédé allemand, serait d'abréger le travail par l'affinage des fontes à la fois pures et faciles à convertir en fer ductile. Ce problème ne serait pas difficile à résoudre : il faudrait rendre très-fusible le mélange de minérais et de fondant, le traiter dans des hauts fourneaux pourvus d'ouvrages peu élevés, et obtenir alors de la fonte grise qu'on ferait blanchir et griller au contact de l'air avant de la porter aux feux d'affinerie; afin que le métal fût disposé à se coaguler en tombant dans le creuset. Lorsque les minérais sont d'une si bonne qualité, qu'ils ne produisent jamais de mauvaise fonte, quel que soit leur traitement, le remède est plus facile à trouver *.

---

* Le conseil donné par M. Karsten dans ce passage et dans d'autres qui précèdent, doit, au premier coup-d'œil, paraître fort extraordinaire. Ayant posé en principe que la fonte blanche obtenue directement des hauts fourneaux, est plus pure que la fonte grise, l'auteur en blâme l'usage parce qu'elle passe trop rapidement à l'état de fer ductile, et que par cette raison elle est plus difficile à épurer : d'un autre côté il conseille de faire produire de la fonte grise aux minérais fusibles ou rendus tels, de la faire blanchir et griller ensuite pour se procurer un fer cru facile à traiter au feu d'affinerie. Mais, si le blanchiment se faisait sans une deuxième fusion, et par la simple conversion en blettes, la fonte obtenue provenant d'une fonte grise, serait moins pure que la fonte sortie blanche du haut fourneau. Où serait donc l'avantage de cette manière de procéder?

Digitized by Google

1178. D'après la méthode allemande, on étire le fer pendant que la fonte est mise en liquéfaction. Des barres de faibles dimensions retardent le travail, ce qui force de prolonger la fusion et empêche de donner au métal le degré d'affinage voulu. On a par conséquent essayé de séparer les deux opérations : on a voulu chauffer les lopins dans des feux de chaufferie particuliers; mais l'expérience a prouvé que la consommation des matières premières qui en résultait, ne pouvait être compensée par l'économie de temps, et que souvent on nuisait à la qualité du fer; parce qu'on ne pouvait lui donner de bonnes chaudes suantes, moyen de correction très-puissant, lorsque le fer n'a pas été parfaitement affiné. Quoi qu'il en soit, il ne faut point rejeter le principe d'où l'on était parti; si l'on a mal réussi, on ne doit en accuser que les dispositions qu'on a prises pour le mettre en pratique.

Pour accélérer le travail, on doit hâter et la fusion

Remarquons toutefois que tous les minérais ne peuvent pas être traités pour fonte blanche; parce qu'il en résulterait des engorgemens dans l'ouvrage, et qu'il existe d'ailleurs beaucoup de ces fontes qui sont moins pures que les fontes grises produites par les mêmes minérais, ce qui a lieu, lorsque ces derniers contiennent du soufre.

Mes propres expériences m'ont appris que la fonte blanche qu'on obtient accidentellement par le refroidissement du fourneau et même avec d'excellens minérais qui ne paraissent guères sulfureux, et qu'on traite au charbon de bois, donne presque toujours des produits moins bons que ceux qui sont obtenus par l'affinage de la fonte mêlée. Or si cette fonte blanche qui ne se comporte pas bien aux feux d'affinerie, était réellement plus pure que la fonte grise, on ne pourrait procéder plus mal qu'en imprimant au haut fourneau une allure telle, qu'il donnât cette dernière espèce de fer cru *dans le but de la blanchir*. Concluons de ceci que le blanchîment de la fonte par sa conversion en blettes, suivi du grillage de ces dernières, ne peut être avantageux que dans un très-petit nombre de cas, lorsque la présence du soufre, par exemple, oblige d'élever la température du fourneau (voyez les paragraphes 873 et 889): le plus souvent on doit tâcher d'obtenir de la fonte mêlée. Le T.

Digitized by Google

et la conversion de la masse fondue en fer ductile; mais, si l'on est obligé de conserver au fer sa crudité durant la liquéfaction, on ne pourra regagner le temps et le charbon perdus par un chauffage séparé. Il s'ensuit que, pour employer avantageusement les feux de chaufferie ou les fours à réverbère, on doit accélérer l'affinage; afin d'économiser d'abord le prix du combustible qui doit alimenter ces foyers, et l'on n'y parviendra qu'en affinant de la fonte blanche qui ait subi un grillage préalable. Les lopins se chauffent mal dans les feux séparés; souvent on les grille, ne pouvant les protéger suffisamment contre le courant d'air. D'un autre côté, l'étirage est trop long sous les marteaux, quel que soit leur poids. Il faudrait par conséquent chauffer le fer dans des fours à réverbère construits pour cet effet, et l'étirer au moyen des cylindres cannelés : dans ces foyers, le fer peut recevoir la chaude la plus intense sans être détérioré par l'action de l'air.

La méthode allemande perfectionnée, exigerait par conséquent l'emploi d'un certain nombre de feux d'affinerie, dans lesquels on traiterait au charbon de bois de la fonte blanche et grillée; des fours activés à la houille pour chauffer les lopins, et des cylindres pour les étirer : il suffirait d'une seule machine pour une assez grande quantité de foyers, et il ne faudrait qu'un marteau pour trois feux d'affinerie. Ce marteau ne servirait que pour cingler la loupe, pour l'étirer en lopins, et pour parer ces derniers qui seraient chauffés de nouveau dans les fours à réverbère.

A Rybnick, en Silésie, on voit une forge construite et activée par la méthode que nous venons d'indiquer. Les loupes, sorties des feux d'affinerie, sont converties en lopins qu'on chauffe ensuite dans les fours à réverbère pour les étirer entre les cylindres. Le procédé suivi dans

cette usine n'est pas encore parvenu à son degré de perfection; parce qu'on a été forcé jusqu'à présent de traiter aux feux d'affinerie la *fonte grise provenant des hauts fourneaux à coke*. On a essayé d'abréger l'opération en chauffant cette fonte dans des fourneaux particuliers, on la porte ensuite rouge de feu dans les foyers d'affinerie; mais l'économie qui résulte de la petite quantité de charbon de bois que l'on gagne au feu d'affinerie, est presqu'absorbée par la consommation de houille; elle ne pourrait d'ailleurs se comparer aux avantages que présenterait le traitement d'une fonte qui passerait plus vite à l'état de fer ductile. Cette usine est encore loin de répondre aux projets d'amélioration qu'on avait en vue en la construisant. Ajoutons que la fonte obtenue au coke est toujours plus riche en silicium, et plus difficile à traiter aux feux d'affinerie que la fonte obtenue au charbon de bois; c'est pour cette raison qu'on ne doit pas la blanchir autrement que par une deuxième fusion, lorsqu'on veut en obtenir du fer de bonne qualité. On ne doit pas même en accélérer l'affinage par les moyens usités, parce qu'on est obligé de l'exposer long-temps à l'action du courant d'air.

Dans plusieurs endroits, on n'a qu'un marteau pour deux feux; il s'ensuit qu'il faut chauffer à l'un pendant qu'on affine à l'autre. Mais cette disposition est très-vicieuse, car il peut se présenter mille accidens qui retardent ou qui accélèrent le travail. L'inconvénient deviendrait encore bien plus grave, si les barres devaient recevoir de petites dimensions, parce que le temps du forgeage durerait plus que celui de l'affinage.

Digitized by Google

DES PROCÉDÉS D'AFFINAGE DÉRIVÉS DE LA MÉTHODE ALLEMANDE.

1179. La plupart des procédés d'affinage ne sont que des variétés de la méthode allemande; ils doivent leur origine, soit à la nature de la fonte soit qu'on traite au caprice des ouvriers.

L'affinage par masse, dit *Butschmeide*, ou l'affinage allemand à deux fusions, exige l'emploi d'une bonne fonte blanche, passant facilement à l'état de fer ductile. Les dimensions du creuset indiquées par Rinmann sont inexactes. Ce métallurgiste a oublié la condition essentielle que le vent doit être horizontal. La profondeur du feu est de 28 à 31 centimètres. Pendant l'étirage des lopins en barres, on fond le fer cru très-lentement et l'on obtient de cette façon un gâteau demi-affiné, une masse appelée *But* en Suédois. Cette méthode est caractérisée, en ce qu'on ne soulève la masse que pour avaler la loupe. On retire d'abord les charbons, on arrête les machines soufflantes, on arrose le métal pour le rafraîchir, on le soulève et on le renverse sur du charbon frais pour le remettre en fusion et le faire bouillonner. Le produit est ordinairement de bonne qualité et le déchet est assez faible; mais il ne faut traiter ainsi qu'une fonte très-pure. Si l'ouvrier commettait quelque négligence pendant la fusion, s'il attendait la coagulation et l'affinage de la fonte, du temps et du hasard, plutôt que de son travail, il n'obtiendrait que de mauvais fer et consommerait une grande quantité de matières premières. Ce procédé pourrait être amélioré par une diminution de la profondeur du feu, et par un plongement qu'il faudrait donner à la tuyère si la fonte n'était pas exempte de défauts.

En Suède, on affine par cette méthode une fonte blanche excellente. La quantité de fer cru mise en fusion pour

chaque loupe est de 100 à 150 kilog. Dans quelques usines allemandes où l'on pratique ce procédé, les pièces ne pèsent que 50 kilog., comme dans les forges de Rasselstein, près Neuwied, sur le bord du Rhin; mais on y consomme beaucoup de charbon, et l'on perd du temps.

La différence qui existe entre l'affinage à l'allemande et le procédé dont nous venons de parler, ne provient que de la facilité avec laquelle on traite la fonte soumise à ce procédé : on n'a besoin que de la soulever une seule fois pour la changer en fer ductile. La méthode suivie dans les montagnes du Harz, lui ressemble parfaitement, et pourrait porter le même nom.

1180. Rinman cite encore une autre espèce d'affinage où la masse fondue se divise en un grand nombre de petits fragmens qu'il faut réunir ensuite; mais c'est le cas ordinaire de l'affinage allemand, lorsque le métal reste très-carburé après la première fusion.

1181. L'*affinage successif* opéré par lopins (*Suluschmiede*) est une méthode allemande défectueuse. L'affineur, en travaillant dans le feu, prend les morceaux de fer qui paraissent les plus affinés et qu'il distingue *à leur couleur blanche éclatante*, les fait sortir successivement du foyer et les porte sous le marteau pour les étirer. Rinman observe, avec raison, que ce fer est toujours aciéreux et que l'affinage n'en est pas entièrement achevé. C'est d'ailleurs une preuve de négligence ou de maladresse de la part des ouvriers, que d'affiner le fer trop inégalement, d'obtenir au premier soulèvement ou même après la fusion des morceaux qui peuvent déjà se forger sous le marteau : l'affineur doit réunir tous ses soins pour rendre la loupe le plus homogène qu'il est possible.

Digitized by Google

1182. *La méthode demi-walonne* usitée en Suède et en France, où on l'appelle la méthode de Berry, différerait, selon Rinman, de la méthode allemande ordinaire en ce qu'on étire les lopins dans des feux de chaufferie particuliers, qu'on ne rafraîchit pas le fer demi-affiné et qu'on le travaille toujours sans arrêtér les machines soufflantes; mais dans l'affinage allemand, on ne doit pas non plus arrêter le vent, ni rafraîchir la masse, à moins que la fonte ne donne beaucoup de scories dont on ne peut se débarrasser autrement. Il est évident d'ailleurs qu'on obtient une plus grande quantité de fer, si l'on est dispensé du forgeage.

La profondeur du feu serait de 26 centimètres d'après Rinman, qui prétend que la tuyère est plus plongeante quand on affine la fonte grise, qu'elle ne l'est pour le traitement de la fonte blanche. La distance de la haire à la tuyère serait de 31 centim., ce qui paraîtrait fort blâmable.

Les affineurs qui travaillent à la demi-wallonne, n'emploient qu'une fonte mêlée et très-pure, qu'on pourrait traiter avec plus d'avantages par la méthode décrite au paragraphe 1179, en y apportant toutefois les corrections voulues. D'après la méthode demi-wallonne, on soulève la masse une fois de plus que si l'on travaillait d'après la méthode wallonne; mais l'affineur à la wallonne peut se trouver aussi dans la nécessité de soulever la masse avant de l'avaler. Ces deux procédés se ressembleraient donc parfaitement, si dans les feux à la demi-wallonne on n'affinait pas de grosses loupes dont chacune donne plusieurs lopins.

1183. *L'affinage par attachement* est présenté par Rinman, comme une méthode particulière; mais il n'est ni plus ni moins que l'affinage allemand, pendant lequel on prend du fer par attachement. Il est certain que ce fer

surpasse en bonté celui de la pièce, qui devient quelquefois plus mauvais; parce que l'affineur occupé d'un travail secondaire, ne donne pas autant de soin au métal qui tombe dans le creuset et qui peut ou brûler ou devenir aciéreux. L'ouvrier cherche à éviter l'un et l'autre effet, en empêchant que le fer ne soit ni trop en contact avec le charbon ni trop exposé à l'influence du vent; mais, lorsqu'il travaille par attachement, son attention se trouve partagée, d'autant plus qu'il s'efforce d'obtenir de cette façon beaucoup de lopins, et voilà comment la loupe devient quelquefois moins bonne.

DE LA MÉTHODE WALLONNE.

1184. On traite par *la méthode wallonne,* de la fonte blanche d'une bonne qualité; on tâche de la décarburer le plus possible pendant la fusion et d'avaler la loupe aussitôt. Cette méthode diffère de l'affinage allemand principalement par le volume de la pièce, dont le poids ne s'élève que de 20 à 30 kil., et par le chauffage qui s'exécute dans un feu particulier. On y porte la petite pièce, après que le cinglage est terminé, ce qui rend le travail de l'affinage très-rapide. Chaque foyer est desservi par quatre ouvriers, deux maîtres et deux aides, qui se relèvent toutes les trois heures. La fusion du fer cru est abandonnée aux soins de l'aide; le maître est chargé d'avaler la loupe et de la cingler. On en fait six dans trois heures, et pendant ce temps on en étire un même nombre, après les avoir chauffées dans un feu particulier. Les soufflets vont lentement pendant la fusion, mais on accélère leur mouvement lorsqu'on travaille la masse, pour en achever la décarburation. Plus les gueuses paraissent blanches, plus on les rapproche de la tuyère; au lieu d'être placées sur le contrevent, elles le sont sur la haire.

Digitized by Google

Les creusets reçoivent des dimensions assez variables. C'est en obéissant à une aveugle routine, qu'on dispose les plaques dans des directions obliques, de manière que la varme et la haire forment un angle obtus, tandis que l'angle compris entre celle-ci et le contrevent est aigu. La longueur de la varme surpasse d'ailleurs celle du contrevent de 26 millim. Le creuset a communément 81 à 83 centim. de longueur et 78 de largeur, la distance de la tuyère à la rustine est de 27 centim., la profondeur du feu de 18 à 19. La tuyère a une lèvre postérieure, c'est-à-dire que la partie tournée vers la haire dépasse le reste du bord. Comme la capacité du creuset est beaucoup trop grande pour les petites loupes qu'on y forme, on la diminue avec du fraisil; mais il en résulte néanmoins une trop grande consommation de charbon et la chaleur n'est pas assez concentrée, ce qui prolonge l'affinage. Le faible poids des lopins et la manière d'exécuter le travail, produisent des résultats assez avantageux sous le rapport de la qualité du fer. Quant à l'économie des matières premières, ce procédé est bien éloigné d'offirir quelqu'avantage.

Le feu de chaufferie alimenté avec du charbon de bois, a deux plaques seulement, le fond et la varme. Sa profondeur est de 21 centimètres. Il est desservi par quatre ouvriers qui se relèvent toutes les six heures.

1185. Un foyer à la wallonne, y compris son feu de chaufferie, peut fournir par semaine 5500 à 6000 kilog. de fer en barres. On en obtiendrait au moins autant avec deux feux montés à l'allemande, surtout si la fonte était bonne; condition sans laquelle on ne peut d'ailleurs travailler à la wallonne.

Dans les usines de la Lahn, où l'on opère à la wallonne, on a deux feux d'affinerie pour un feu de chaufferie; ces trois foyers n'occupent qu'un seul marteau et produisent

Digitized by Google

par semaine 8000 kilog. de fer en barres. Cette disposition est préférable à celle qu'on suit dans l'Eiffel, où chaque foyer d'affinerie a son feu de chaufferie. Dans cette contrée on voit ordinairement le haut fourneau, les deux feux et leur marteau, placés l'un derrière l'autre dans un bâtiment étroit et d'une grande longueur.

Quelquefois on se dispense d'avaler la loupe lorsque la fonte est très-blanche; la masse acquiert alors son degré d'affinage pendant la fusion, mais il faut que le vent soit parfaitement horizontal.

Dans les usines wallonnes situées sur les bords de la Lahn, on consomme pour un mille de fer (poids de Berlin) 15 à 16 mesures de charbons durs contenant chacune 10 $\frac{1}{3}$ pieds cubes du Rhin, ce qui serait à peu près 10 mètres cubes par 1000 kilog. Le déchet est de 28 pour cent, quoique la fonte produite par les plus beaux oxides rouges, soit d'une excellente qualité. Dans l'Eiffel, il est bien plus grand encore: lorsqu'on traite de la gueuse qui n'a pas été suffisamment blanchie, il s'élève, par l'ignorance des ouvriers, jusqu'à 33 pour cent.

DE L'AFFINAGE DANS DES FEUX DE BRASQUE
ou *Loeschfeuerschmiede.*

1186. On traite par la méthode que nous allons décrire une fonte qui s'affine facilement; on jette dans le creuset une certaine quantité de fer ductile, beaucoup de battitures, de sorne ou de laitier riche, pour décarburer le métal et en opérer l'affinage sans soulever la loupe. Les lopins se chauffent dans le même feu; mais ce n'est point pendant la fusion de la fonte: on s'occupe d'abord à forger la pièce précédente, ensuite on fait seulement fondre le fer ductile et après celui-ci le fer cru. Ce genre d'affinage qui est très-rare ne se pratique plus que dans le cercle du Henneberg, ou dans les montagnes de la Thüringue.

Digitized by Google

Le creuset dépourvu de plaques ne consiste qu'en un trou de 23 à 26 centimètres de profondeur, garni de tous côtés avec de la poussière de charbon. La couche de brasque formant la sole, est épaisse de 10 à 13 centimètres, et dure 2 à 3 mois avant d'être renouvelée. La tuyère avance de 15 centimètres dans le foyer, le jet d'air ne s'éloigne guères de l'horizontale. La longueur et la largeur du feu sont indéterminées; sa forme est oblongue et ses angles sont arrondis.

Le fer ductile qu'on jette dans le feu, se compose particulièrement de fer de stuckofen; à son défaut on emploie de la ferraille, ou des flûtes : on appelle de cette manière le fer presqu'affiné qui s'attache aux ringards, quand on travaille la loupe. Les stuckofen, étant devenus très-rares, leurs produits le sont aussi, en sorte qu'on est réduit le plus souvent à la ferraille, aux rognures de tôle, aux riblons, etc.

On commence l'opération par remplir de charbon le creuset, après en avoir réparé le pourtour, surtout du côté du travail et du contrevent. Comme, en chauffant les lopins, on fait usage de beaucoup de battitures, il se forme une grande quantité de sorne, qui, conjointement avec le fer ductile fondu plus tard, accélère l'affinage. On emploie de la fonte blanche sous forme de plaques minces, des *floss à fleur* (743); elle deviendrait par conséquent si liquide qu'elle percerait le fond, si elle ne tombait pas sur une masse de fer affiné.

Quand on emploie de la ferraille, on en divise le poids nécessaire pour former une loupe, en deux ou trois parties, qu'on jette dans le feu successivement. Lorsque cette ferraille est parvenue à la chaleur blanche, on la comprime avec une pelle et on la couvre de charbon pour la mettre en fusion. Quand on fait usage du fer de stuckofen, on le retient dans des tenailles pour le liquéfier immédiatement

Digitized by Google

devant la tuyère. Ces tenailles avec les lopins, ainsi que les plaques de fonte, placées ensemble sur la haire, s'échauffent au rouge pendant le forgeage.

Souvent on manque à la fois de fer de stuckofen et de ferraille ou de riblons; on se procure alors du fer demi-affiné, en fondant d'abord 20 à 25 kilog. de plaques avec une forte addition de sorne ou de scories douces. Dans ce cas les plaques retenues dans des tenailles sont exposées à l'action directe du courant d'air.

Lorsque la fusion du fer ductile est terminée, ou bien lorsqu'on a formé dans le creuset, ainsi que nous venons de le dire, une masse de fer demi-affiné, on y met plusieurs trousses de plaques : l'une d'elles est placée devant la tuyère, les autres sont plus en arrière. Pendant que la première entre en fusion les autres se chauffent davantage; plus tard elles prennent sa place. La quantité de fonte qu'on liquéfie pour une loupe, se détermine d'après la nature et la quantité des matières qui sont dans le creuset. Du reste, l'ouvrier est à même de hâter la conversion du fer cru en fer ductile par des additions de laitier riche; il peut aussi favoriser ou retarder la coagulation en éloignant ou en approchant de la tuyère les plaques. L'aspect de la flamme et des matières attachées au ringard qu'il plonge dans le bain, le guide dans ses opérations. L'affinage est d'autant plus retardé, ou selon l'expression des ouvriers, il y a d'*autant plus de chaleur dans le feu*, que ces matières sont plus rouges et qu'elles adhèrent moins fortement et en moindre quantité aux outils : plus elles sont blanches et plus elles s'attachent au ringard, plus l'affinage est avancé. La sorne se fige souvent en grande quantité autour de la tuyère : il faut la détacher de temps à autre, et la ramener au milieu du foyer. On ne fait jamais écouler les scories; leur présence dans le feu est indispensable : c'est pour cette raison que ces feux d'affinerie

Digitized by Google

n'ont point de chio ou d'ouverture pour l'écoulement de ces matières. Il est évident qu'on doit toujours employer le moins possible de ferraille ou de lopins; on fond ordinairement 12 à 18 kilog. de fer ductile et 75 à 100 kilog. de fonte en plaques pour une loupe.

Après que la dernière trousse est liquéfiée, on continue, pendant quelques minutes, de laisser agir les machines soufflantes avec la même vitesse, pour affiner la fonte qui vient seulement de tomber dans le creuset. Les scories qui commencent alors à s'élever en bouillonnant, sont chassées en partie par le vent sous forme d'étoiles. On ralentit ensuite l'action des soufflets, on enlève les charbons, et si la loupe est suffisamment durcie, on s'apprête à la faire sortir du feu. Si au contraire elle paraissait un peu molle, on la recouvrirait de charbons incandescens, on jetterait même quelques charbons frais dans le foyer, et l'on ferait agir les soufflets avec lenteur. Une loupe donnant beaucoup de scories exprimées sous le marteau, annonce un fer doux, attendu que l'oxide entré dans la masse en absorbe le carbone.

Dès qu'on a enlevé la loupe du feu, on s'occupe aussi d'en retirer les scories : on attend toutefois qu'elles soient figées. Les morceaux les plus gros se traitent dans les stuckofen et les autres dans les flussofen. Elles sont toujours douces et riches en fer : par l'affinage dans les feux brasqués, tels que nous venons de le décrire, on n'obtient jamais de scories crues : voici leur composition d'après nos propres analyses :

Silice.	7,213
Oxidule de fer	75,930
Alumine.	1,741
Oxidule de manganèse. . . .	11,343
Magnésie	1,243
Chaux.	0,280
Potasse.	0,786
	98,536

Digitized by Google

Pendant que l'un des ouvriers nettoie et prépare le creuset, l'autre cingle la loupe et la divise en deux parties. L'une est reportée tout de suite au feu, et l'autre est coupée en plusieurs lopins. On retire ensuite du foyer la première partie pour la couper sous le marteau, comme on l'a fait précédemment avec l'autre moitié. Par le chauffage de ces différens lopins que l'on convertit en barres, il se forme le bain de laitier doux, dont nous avons déjà parlé, et qu'on enrichit encore en y jetant des morceaux de métal et de scories, qui tombent sous le marteau. Lorsque toutes les barres sont étirées, le travail recommence; on refond de nouveau du fer ductile en se servant du bain de laitier obtenu, et après avoir terminé cette opération préparatoire, on procède à la fusion et à l'affinage de la fonte.

Le déchet de la fonte et du fer ductile est estimé par M. Quanz à 25 pour cent. Ces données ne sont pas exactes: avec 100 kilog. de plaques et de fer ductile, on n'obtient pas au-dessus de 67 kilog. de fer en barres; en sorte que le déchet est à peu près de 33 p. °/₀. Nous observerons toutefois que dans cette estimation on ne tient pas compte de la quantité de fer contenu dans les scories douces qu'on traite dans les fourneaux à cuve. La consommation de charbon ne peut s'estimer avec exactitude; cependant il paraît qu'on en brûle plus de 20 mètres cubes pour obtenir 1000 kilogrammes de fer; parce que l'étirage des barres, qui dure une heure et demie à deux heures, exige presqu'autant de combustible que l'affinage. On fabrique par semaine et par feu, 2500 à 3000 kilog. de fer forgé, qui du reste est d'une excellente qualité. Cette manière de travailler est donc très-dispendieuse, il vaudrait mieux employer un autre procédé à une seule fusion, et approprié à la nature du fer cru; on ne perdrait rien sous le rapport de la qualité des produits et l'on opérerait avec beaucoup plus d'avantage.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DE STYRIE A UNE SEULE FUSION.

1187. Par la méthode styrienne on affine ordinairement une excellente fonte passant très-vite à l'état de fer ductile. On la fait fondre doucement. On ne soulève pas le gâteau ; l'affinage du métal se trouve effectué au moyen de la sorne et des battitures, qu'on emploie avec plus ou moins d'abondance pendant les chaudes qu'on donne aux lopins pour les étirer. Cette méthode a reçu quelquefois le nom de *styrio-wallonne;* elle ne diffère effectivement de la méthode wallonne que par la grosseur des loupes : les forgerons qui travaillent d'après ce dernier procédé se dispensent aussi de soulever le gâteau, quand ils opèrent sur une bonne fonte blanche, obtenue par surcharge de minérais. Le creuset est quelquefois construit avec des plaques de fonte ; sa longueur est de 78 centim., sa largeur de 62 et sa profondeur de 52 ; mais on le garnit de fraisil de manière qu'il ne reste qu'un creux de 30 à 36 centim. de diamètre et de 20 à 23 de profondeur. A cause de la grande quantité de fraisil qui se trouve daus l'intérieur du creuset, on le construit le plus souvent en maçonnerie. La tuyère a une pente des plus fortes ; elle plonge de 25 à 30 degrés. Toutefois cette règle n'est pas générale ; il existe des ouvriers qui ne donnent même que cinq degrés à la tuyère.

Au-dessus du contrevent règne un mur vertical qui s'élève jusqu'à la cheminée. Cette disposition n'a aucun inconvénient ; parce qu'on n'a pas besoin de travailler le fer avec des ringards, ce qui exigerait plus d'espace, et parce que la fonte n'est pas employée sous forme de gueuse : il est donc inutile que l'aire du foyer soit libre de ce côté.

Le fer cru est en forme de blettes ou de plaques ; on en fait des trousses dont trois ou quatre employées pour

Digitized by Google

une loupe pèsent 75 à 100 kilog. Ces trousses, retenues dans des tenailles, sont disposées de manière que la partie qui doit entrer en fusion se trouve à 13 centimètres au-dessus et à 10 centimètres en avant de la tuyère. Pendant la fusion de la fonte, on chauffe et l'on forge le fer de la pièce précédente; mais on ne commence la fusion qu'après avoir forgé au moins la moitié des lopins : c'est alors qu'on introduit dans le feu la première trousse qui se place d'abord près du contrevent. A mesure que le creuset se débarrasse, on y porte successivement la deuxième et la troisième trousse, qui prennent rang derrière la première : celle-ci doit avancer en même temps, jusqu'à ce qu'elle se trouve devant la tuyère; la deuxième est mise alors au milieu du foyer et la troisième plus près du contrevent. Quand la première est entièrement fondue, elle est remplacée par la seconde et ainsi de suite. Dès que la fusion est terminée la loupe l'est aussi : on se hâte alors de la retirer du creuset, de la cingler et de la couper en lopins : ceux-ci sont portés aussitôt au feu, qui, pendant le travail sous le marteau a été nettoyé. On se prépare ensuite pour une autre fusion.

On jette une assez grande quantité de battitures sur les lopins quand on les chauffe, d'autant plus qu'elles doivent déterminer la décarburation de la masse fondue. C'est aussi pour favoriser l'affinage du métal, que la fusion est lente et que les blettes se trouvent placées à une si grande hauteur au-dessus de la tuyère; mais ce sont principalement les additions de scories douces qui, dans ce travail, comme dans la méthode précédente, opèrent l'affinage. Lorsqu'un morceau de fonte se détache de la trousse, l'ouvrier doit le ramener au vent, et le mettre en contact avec les scories. Si après la liquéfaction de toute la fonte, la loupe paraissait encore trop molle, on l'arroserait avec de l'eau, pour la faire sortir ensuite et la porter sous le marteau.

Digitized by Google

En chauffant les lopins dans les laitiers riches, on achève d'en chasser le carbone qu'ils contenaient encore; il faut donc apporter beaucoup de soin à cette opération. On les étire d'abord en gros bidons, qui sont convertis ensuite en petit fer, sous des marteaux plus légers.

La méthode styrienne à une seule fusion, telle que nous venons d'en donner la description, exige une fonte pure et très-facile à traiter au feu d'affinerie. C'est pour cette raison que les ouvriers qui suivent ce procédé n'emploient que des blettes grillées ou des floss caverneux.

Le déchet, d'après M. Schindler ne serait que de 8 pour cent; attendu que, selon cet auteur, le maître forgeron est obligé de fournir 304 quintaux de fer en barres pour 336 quintaux de fonte qu'on lui délivre; et que souvent il fait encore des bénéfices. Quoique cette donnée ne soit pas tout-à-fait exacte, il est cependant certain que le déchet dépasse rarement 10 pour cent. D'un autre côté, je me suis assuré sur les lieux que la consommation de charbon s'élève à 20 mètres cubes par 1000 kilog. de fer obtenu, y compris le combustible employé pour le grillage des blettes. Cette grande consommation est due soit à l'extrême lenteur avec laquelle doit s'effectuer la fusion; soit à une forte perte de chaleur qu'on éprouve, parce que l'aire du foyer autour du creuset n'est pas garni avec du fraisil et de la charbonaille; le vent, se portant alors vers le haut, occasionne une combustion inutile *.

Il est évident que ce procédé exige une fonte très-pure. Au reste il est peu recommandable, puisqu'il entraîne une si forte dépense en combustible.

* Il est à remarquer qu'en Allemagne on brûle pour l'affinage de la fonte presque toujours du charbon de bois de pin et de sapin, dont le poids du mètre cube, varie entre 136 et 150 kilog.; tandis que le mètre cube de charbon de bois dur pèse de 220 à 240 kil. Le T.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DE SIEGEN.

1188. La méthode de Siegen diffère de celle que nous venons de rapporter, par la forme de la fonte, le fréquent écoulement des scories et l'extrême grosseur des loupes, dont le poids s'élève de 175 à 200 kilogrammes : on n'affine que des gueuses qu'on place sur le contrevent. La fusion se fait soit au-dessus de la tuyère, soit au milieu du jet d'air, et l'affinage de la fonte ou la combustion de son carbone, est opérée en grande partie par les additions de battitures. Du reste la fonte est tellement bien disposée à se convertir en fer ductile, qu'on obtient toutes les trois heures une loupe de la pesanteur précitée. La facilité avec laquelle se traite la fonte, provient et de la nature du minérai, qui est manganésifère, et de la forme des fourneaux à cuve qui sont très-bas. La fonte, obtenue à un très-faible degré de chaleur, ne contient presque point de silicium ; c'est pour cette raison qu'on peut l'affiner avec la plus grande promptitude.

La machine soufflante, composée seulement de deux soufflets en cuir, s'active autant qu'il est possible. Pour accélérer la fusion et augmenter la masse liquéfiée, on jette quelquefois des morceaux de fonte dans le foyer. M. Eversmann prétend qu'on est obligé d'ajouter de la brocaille, lorsque le métal est trop disposé à louper et que, pour le cas contraire, on emploie des laitiers riches ou des rognures de fer : les renseignemens que j'ai pris à ce sujet, n'ont pas confirmé cette assertion.

Le creuset a 63 centimètres de longueur, la haire et la varme ont une inclinaison de 8 centim. dans le foyer, et l'angle qu'elles forment entre elles est aigu. Le fond reçoit une pente de $0^m,007$, vers le sommet de l'angle formé par le contrevent et le laiterol. L'abondance du fraisil dont on

garnit le foyer de toutes parts, rend la plaque du contrevent presqu'inutile : souvent on la supprime. La partie antérieure de l'aire est extrêmement large; le trou du chio se trouve donc à une grande distance de l'ouvrier, ce qui rend le travail assez pénible. L'ouverture de la tuyère a 33 millim. de largeur et 20 de hauteur; pourvue d'un crampon en fer, qui sert à la fixer invariablement, elle est placée de manière à former un angle droit avec la plaque de tuyère qui penche dans le feu. On approche la gueuse de 23 centim. de la tuyère et on la place un peu au-dessus du courant d'air qui est tellement plongeant qu'il vient aboutir au milieu de la plaque de fond. Les buses, qui ont 20 millim. de diamètre, sont placées à 8 centim. en arrière de la bouche de la tuyère : celle-ci n'avance dans le feu que de 3 à 4 centim.

Le forgeage du fer dure presqu'aussi long-temps que la liquéfaction de la fonte, quoiqu'on ne l'étire qu'en bidons carrés de 8 centim. d'épaisseur, parce qu'il ne s'échauffe pas assez vite et qu'on est forcé d'attendre et de faire des pauses très-longues. Il suffit pour cette raison, d'avoir pour deux feux un seul marteau; celui dont on fait usage pèse ordinairement 350 kilog.; sa panne n'a que 5 centim. de largeur sur 37 de longueur. La table de l'enclume est arrondie.

Les ouvriers préfèrent la gueuse fortement mêlée aux autres; la fonte qui est tout-à-fait blanche donne un fer trop dur, à ce qu'ils prétendent, et la grise prolonge trop le travail. On fait chauffer, près du contrevent, des plaques minces dont la fonte est devenue presque blanche, soit par l'arrosage soit par une forte proportion de minérai spathique. Ces plaques, rougies d'abord, sont fondues ensuite avec une grande rapidité devant la tuyère. Au bout de trois heures la loupe est achevée. On la porte sur l'enclume, on la cingle et on la coupe en deux sans hacheron, par l'action seule

Digitized by Google

du marteau. Une des parties se place devant la tuyère, un peu au-dessus du jet d'air; l'autre, plus rapprochée du contrevent, succède à la première, lorsque celle-ci a pris le degré de chaleur voulu pour le forgeage. Chacun des deux morceaux donne deux barres; on les étire d'abord par moitié ou en maquettes, on refroidit dans l'eau la partie forgée, pour chauffer l'autre extrémité, qu'on place derrière la pièce qui est dans le feu. On continue de cette façon, jusqu'à ce que les barres soient entièrement étirées; quel que soit du reste le poids de la loupe on la divise toujours en deux parties.

Pendant le forgeage on emploie les laitiers riches ou les battitures avec profusion: non-seulement on a pour but de garantir les lopins et les maquettes de l'oxidation, mais aussi de fournir à la fonte un bain de laitier qui puisse absorber le carbone. D'un autre côté on fait souvent écouler, pendant la fusion, des scories qui semblent assez douces, et cette opération se répète à plusieurs reprises. La partie antérieure de l'aire est couverte de fraisil. L'ouvrier a quelque peine pour faire écouler les scories, pour soigner le feu et pour en approcher la gueuse; mais ne travaillant point dans le creuset, il est peu exposé à la chaleur: il ne fait que détacher et pousser dans le milieu du foyer, le métal qui, déplacé par le vent, se fige contre les bords des taques, attendu que le courant d'air se fait jour au milieu de la masse et la soulève continuellement.

Après avoir liquéfié une quantité de fonte convenable, l'affineur recule la gueuse, réunit à la masse et fait fondre les parties de fer éparses. Il en est qu'il retire du feu, pour les employer à la première opération et pour accélérer l'affinage. Le creuset se trouve ordinairement rempli de fer jusqu'au-dessus de la tuyère. Les scories cessent alors de pouvoir s'écouler et finissent par se durcir à tel point entre la loupe et le laiterol, que pour les enlever du foyer,

Digitized by Google

on est obligé de les détacher à coups de masse et de ringard.

La prompte épuration de la fonte ou son rapide passage à l'état de fer ductile, n'est dû ni à la construction du feu ni au travail; on ne peut l'attribuer qu'aux additions de battitures, aux fréquens écoulemens des scories et surtout à la nature du fer cru : en dépouillant sans cesse le fer de la couche de scories qui le couvre, on l'expose au jet d'air qui plonge dans le creuset et qui reproduit à chaque instant une nouvelle couche d'oxidule, dont l'action décarburative est d'autant plus forte qu'il se trouve à l'état naissant. Cependant on ne pourrait traiter de cette manière la fonte grise obtenue avec des minérais réfractaires; elle ne s'affinerait point par une simple fusion.

Le foyer d'affinerie est desservi par 4 hommes dont 2 maîtres et 2 aides. Bien que la tournée soit de 24 heures, les ouvriers peuvent se reposer toutes les trois heures ou après avoir achevé une loupe: la présence des quatre hommes est nécessaire pour la faire sortir du feu et pour la cingler. On obtient par semaine 90 à 100 quintaux métriques de fer, mais on ne le forge qu'en barres carrées de gros échantillons.

D'après Eversmann, 1600 kilog. de fonte donneraient 1350 kilog. de fer forgé obtenu en 24 heures; le déchet serait donc de 16 pour cent. La consommation de charbon ne s'élèverait qu'à $4^{m.cub}$,8 par 1000 kilog. de fer en barres.

Selon les renseignemens que j'ai pris moi-même, le déchet est ordinairement de 25 pour cent. La consommation de charbon s'élève dans quelques usines à $4^{m.cub}$,8 par 1000 kilog. de fer; dans d'autres, elle n'est souvent que de 4 mètres cubes. Du reste ce charbon provenant de bois durs est d'une excellente qualité.

Digitized by Google

DE LA MÉTHODE OSEMUNDE.

1189. La méthode *osemunde* a quelque ressemblance avec la wallonne: par l'une et l'autre on traite une fonte blanche qui, sous forme de gueuse, est placée sur la haire et dont on liquéfie la quantité jugée nécessaire pour former une petite loupe. Le métal reçoit son degré d'affinage par une seule fusion; mais les lopins obtenus ne se chauffent pas dans des feux de chaufferie particuliers. Pour les retirer du creuset, on y plonge une barre de fer garnie à une de ses extrémités d'un manche en bois : on présente les petits fragmens devant la tuyère; ils finissent par adhérer à cette barre, et lorsqu'on en a ramassé une masse de 10 kilog., on la porte sous le marteau. C'est donc un véritable affinage par attachement; mais il ne peut s'exécuter qu'avec une excellente fonte blanche. Il fatigue les ouvriers, parce que le travail se continue sans interruption.

L'affineur à l'osemunde ne peut se dispenser d'employer des sornes et des battitures; il ne peut même commencer le travail avant que le creuset ne soit rempli de laitiers riches; c'est pour cette raison qu'il les fait rarement écouler.

Le creuset a 30 centimètres de largeur et 70 de longueur; mais, comme sa partie antérieure est remplie de fraisil, on donne au fond seulement 40 à 44 centimètres de longueur. La profondeur du foyer a 18 centimètres, la distance de la rustine à la tuyère est aussi de 18 centimètres. Celle-ci avance de 5 centimètres dans le feu; son plongement est très-considérable. Le vent reçoit une force extrême. Le fer cru élevé de 13 à 15 centimètres au-dessus de la tuyère, doit déjà être liquide en traversant le courant d'air. La plaque du contrevent s'élève de 18 centimètres au-dessus du niveau de la varme. La gueuse

Digitized by Google

n'est éloignée de la tuyère que de 16 centimètres. Les gouttes tombantes perdent leur carbone et s'affinent, soit par l'action du vent, soit par celle des scories qu'elles rencontrent dans le creuset; elles s'agglutinent assez promptement et forment de petits morceaux de fer séparés, que l'ouvrier présente devant la tuyère au moyen d'un petit ringard: lorsqu'il juge que leur degré d'affinage est assez avancé, il tâche de les souder à la barre de fer qu'il introduit alors dans le feu; pour cet effet, il les retourne sans cesse dans le courant d'air. Après avoir obtenu de cette manière une petite masse de 10 kilog., achevée ordinairement au bout d'un quart d'heure, il la cingle, la coupe et replace la barre dans le feu pour former un deuxième lopin. Le métal qui, par ce procédé, devient très-pur, gagne en qualité, lorsque le bain de scories est très-liquide, que la chaleur s'élève à un haut degré et que les morceaux de métal sont travaillés à force dans le laitier et dans le courant d'air.

Le fer obtenu par la méthode dite osemunde marchoise, jouit d'une réputation toute particulière, étant à la fois très-doux et très-tenace. Bien qu'il doive sa ténacité en grande partie à la pureté de la fonte, le mode de travail suivi l'augmente encore. Nous ne croyons pas toutefois qu'il surpasse en bonté les produits de la méthode wallonne; mais nous sommes éloignés de vouloir recommander celle-ci: exigeant des foyers de chaufferie particuliers, elle est moins avantageuse que la méthode osemunde.

D'après M. Eversmann, le déchet de la fonte est de 25 pour cent; et la consommatien de charbon est de 14 mètres cubes par 1000 kilog. de fer ductile. Cette consommation mise à côté de celle que nous présente la méthode de Siegen, paraît très-grande.

L'étirage s'effectue sous des marteaux à bascule assez légers; les barres destinées pour les tréfileries reçoivent

$3^m,43$ à $3^{met},76$ de longueur; elles ne seraient pas recevables, si elles avaient moins de $2^m,13$: on se dispense de les parer. Le fer *osemunde* qui ne doit pas être étiré en fils, est versé dans le commerce sous forme de *bidons:* ces grosses barres ont 78 à 94 centim. de longueur et pèsent chacune une dixaine de kilogrammes.

1190. Rinmann, dans son histoire du fer, cite une méthode d'affinage appelée *osmunde-suédoise,* qui, dans le fait, ne diffère pas de la méthode wallonne. Le fer cru employé est en grenailles; on le retire du laitier des hauts fourneaux (fonte de bocard). Le métal doit s'épurer complètement pendant la fusion. On divise la loupe en plusieurs lopins, qui pourtant ne sont pas entièrement séparés l'un de l'autre; on les transporte dans des feux de chaufferie, pour en faire de la casserie et autres objets semblables. Le déchet est, d'après Rinmann, de 37 pour cent. Le creuset n'a que deux plaques, un fond et une varme; les trois autres faces sont construites avec de la brasque. Le soin de l'ouvrier consiste particulièrement à faire fondre les grains avant qu'ils ne traversent les charbons; ils achèvent de s'affiner dans le bain de scories; on favorise la coagulation, en travaillant la matière. Le fer de bocard est remplacé quelquefois par des *saumons*.

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE GRILLÉE.

1191. Ce procédé n'est autre chose qu'un affinage styrien à une seule fusion, par lequel on traite des plaques minces qu'on grille préalablement par raison d'économie: peu importe que la fonte soit sortie blanche du haut fourneau et qu'elle ait été coulée en plaques minces, ou qu'on l'ait blanchie par une opération particulière, en la convertissant en blettes; dans tous les cas elle est blanche,

Digitized by Google

quand on la transmet aux affineurs; mais pour la traiter ensuite comme les floss caverneux, ils sont obligés de la griller d'abord.

Lorsque les affineurs refondent le fer cru pour le convertir en blettes et le blanchir de cette manière, la méthode change de nom et prend celui de mazéage; bien qu'au fond, sous le rapport de l'affinage proprement dit, elle ne diffère ni de celle que nous allons décrire, ni de la méthode styrienne à une seule fusion par laquelle on traite de la fonte caverneuse, qui dans les fourneaux a déjà éprouvé une première décarburation: ces trois procédés ont donc entre eux la plus grande analogie.

Nous ne parlerons du grillage des blettes qu'en traitant du mazéage, attendu que l'opération est toujours la même.

D'après ce que nous venons de dire, il paraîtrait superflu de nous occuper de l'affinage de la fonte grillée, puisqu'il en sera question au mazéage; cependant, par cette dernière méthode, la fonte éprouve avant d'être convertie en blettes, une deuxième fusion qui exerce une influence marquée sur la nature du fer cru et sur les résultats qu'il produit.

Lorsque la fonte sortie des flussofen paraît blanche ou blanchâtre, on la met sous forme de plaques minces qui plus tard sont soumises au grillage. Si elle est au contraire grise, on la fait couler dans un bassin de forme conique, creusé dans le sable près du haut fourneau; on l'arrose d'une assez grande quantité d'eau, on en retire les scories, après qu'elles sont figées, ensuite on enlève des blettes qui sont semblables au cuivre rosette. On se sert d'abord d'un léger ringard, pour détacher les blettes de la masse liquide et après cela d'une fourche à deux branches pour les soulever. Ce travail s'exécute avec beaucoup de rapidité; en dix minutes on peut transformer en blettes 250 kil. de fonte. Elles pèsent chacune 10 à 20 kilog. : les

dernières sont les moins grandes, parce que le bassin a la forme d'un entonnoir.

Ni la fonte blanche ni même la fonte mêlée ne pourraient donner des blettes; arrosées d'eau elles formeraient des masses trop épaisses. La fonte grise donne des blettes d'autant plus minces qu'elle est plus disposée à blanchir par un refroidissement subit. Celles des fontes grises qu'on obtient par des minérais réfractaires, traités à une haute température, dans des ouvrages très-élevés, ne pourrait se transformer en blettes, parce qu'elle n'est pas sujette à blanchir ni à se congeler rapidement étant arrosée d'eau.

Les blettes refroidies ressemblent par leur cassure aux floss à fleurs, qui forment la transition entre la fonte blanche lamelleuse et la fonte caverneuse. On les grille de la même manière que les floss à fleurs qu'on obtient immédiatement du haut fourneau.

DE L'AFFINAGE DIT BERGAMASQUE USITÉ EN CARINTHIE.

1192. La fonte traitée par le mode d'affinage dit *Bergamasque*, est sous forme de saumons, de plaques ou même de grenailles. On la fond de manière que la masse ait dans le creuset une liquidité moyenne; on y mêle ensuite des scories douces ou de la sorne, afin de la durcir et de la partager en plusieurs morceaux qu'on enlève du feu pour les affiner plus tard par une seule fusion *. Il est évident que le grillage est remplacé dans cette opération par les additions de laitiers riches qui donnent un premier degré d'affinage au métal; on achève ensuite de le convertir en fer ductile par une seconde fusion.

Le creuset, composé de cinq plaques, a 62 centim. de longueur et 26 à 28 de profondeur; la tuyère éloignée de

* Ces morceaux sont appelés *mazelles*. Le T.

Digitized by Google

la rustine de 21 à 23 centim., plonge de 10 degrés. Ces dimensions sont assez arbitraires, parce que la surface intérieure du creuset est garnie d'une couche de fraisil, qui, sur le fond, a 5 cent. d'épaisseur. Après avoir nettoyé le feu au commencement de l'opération, en n'y laissant qu'une petite quantité de laitier riche, on le remplit de combustible. On rapproche le saumon jusqu'à 13 centim. de la tuyère, on le couvre de charbons et l'on fait agir les soufflets, on chauffe et l'on étire pendant la fusion, le fer obtenu précédemment. Si les scories pauvres s'accumulent en trop grande quantité dans le feu, on est obligé de les faire écouler. Lorsque la liquéfaction du fer cru est terminée, on enlève avec une pelle les charbons et les scories crues, et l'on jette une certaine quantité de laitier riche dans le foyer; on brasse le mélange avec un morceau de bois, jusqu'à ce qu'il soit devenu solide. Les poids des morceaux varient depuis 1 décigramme jusqu'à 6 kilog. L'ouvrier les retire du feu ainsi que le fraisil et le reste du laitier, remplit le creuset de charbon frais, et partage toute la masse du fer en deux parties qu'il traite séparément, en commençant par les gros morceaux; il en place les plus volumineux du côté de la rustine, rapproche les autres du contrevent, les couvre de charbon et fait agir les soufflets avec lenteur.

L'affineur doit avoir soin que ces morceaux de fonte demi-affinée se convertissent en fer ductile par une simple fusion: guidé par l'aspect de la matière qui s'attache au ringard, il les empêche de fondre trop rapidement. A mesure qu'ils se liquéfient, il les remplace par les autres qui sont disposés sur l'aire, et les couvre chaque fois de nouveau charbon.

Dans certaines contrées on ne forme de toute la masse qu'une seule loupe qui, après avoir été cinglée, est coupée en plusieurs lopins qu'on étire à la fusion suivante. Ailleurs

Digitized by Google

on prend tout le fer par attachement: lorsque l'ouvrier s'aperçoit que le premier morceau se liquéfie en bouillonnant, il place une barre de fer garnie d'un manche en bois, à 5 centim. au-dessous du plat de la tuyère, lui fait toucher la rustine, la tourne d'abord et se borne ensuite à la remuer légèrement. Lorsque le lopin qu'il veut former est devenu assez gros, il ordonne à son aide de soutenir la masse des matières qui pèse sur ce lopin, le retire du feu et le porte sous le marteau pour l'ébaucher: on l'étire ensuite à la fusion suivante. Ce travail continue jusqu'à ce que tout le fer soit ramassé de la sorte. L'adresse de l'ouvrier consiste à s'emparer avec sa barre de tout le métal qui s'affaisse sans en laisser tomber sur le fond du creuset.

Le déchet devient plus grand, si l'on affine par attachement, qu'en formant une loupe; quelquefois il s'élève jusqu'à 33 pour cent; mais le fer acquiert une qualité excellente. La consommation de charbon est aussi très-grande; elle surpasse souvent 22 mètres cubes par 1000 kilog. de fer ductile. Lorsqu'au lieu de procéder par attachement on forme des loupes, le déchet ne monte quelquefois qu'à 9 pour cent *.

* La méthode bergamaspue ordinaire est plus compliquée que celle qu'on vient de détailler. On emploie des laitiers riches pendant la fusion, et l'on projette la fonte liquide sur des laitiers semblables, pour obtenir le premier produit intermédiaire appelé mazelle. La quantité de fonte employée pour une seule opération est ordinairement de 8 quintaux. On partage les mazelles en six parties égales que l'on fond séparément pour en former des mazeaux, en y ajoutant des battitures; on soumet ensuite ces mazeaux séparément à une troisième et dernière fusion pour en faire une loupe. C'est le procédé d'affinage le plus désavantageux sous le rapport de la consommation de charbon. Le T.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DE BOHÊME ET DE MORAVIE.

Brechsmiede.

1193. Cette méthode diffère de la précédente, en ce qu'on ne brasse pas avec du laitier riche la fonte liquide, pour la solidifier; mais on lui enlève pendant la première fusion, assez de carbone pour qu'elle puisse devenir solide d'elle-même et se partager, étant soulevée, en un grand nombre de morceaux. Pour cet effet, on laisse une certaine quantité de laitier riche dans le foyer.

Les procédés suivis pour ce genre d'affinage varient du reste suivant les pays où ils sont usités.

En Bohême et en Moravie, la fonte est affinée à demi pendant la première fusion, de manière qu'en la soulevant, on la partage en plusieurs morceaux qu'on dispose sur le massif de la forge du côté du contrevent. On remplit le feu de charbons, on y remet ces fragmens, pour les fondre un à un devant la tuyère, et l'on retire ensuite le fer par attachement. On peut liquéfier de cette manière une grande quantité de fonte à la fois, parce que les morceaux demi-affinés sont traités successivement. On ne fait que cingler les lopins, mais pendant la fusion on étire en barres ceux qui ont été obtenus précédemment. Cette méthode produit un très-bon fer, le déchet n'est pas trop grand, mais la consommation de charbon dépasse celle qui résulte de l'affinage à l'allemande.

On pratique une méthode semblable en Hongrie, sans néanmoins y procéder par attachement, parce qu'on y brûle du charbon très-dur qui ne paraît pas convenir à ce genre de travail; mais on fait souder ensemble une assez grande quantité de fragmens pour former une barre, et l'on retire les lopins à mesure qu'ils sont parvenus à leur degré

Digitized by Google

d'affinage. Au reste on obtient peu de fer dans un temps donné.

Jars fait mention d'un procédé pareil, usité en Norwége : on y forme des morceaux demi-affinés à mesure que la fonte tombe par gouttes dans le creuset ; lorsque l'ouvrier s'en est procuré une quantité suffisante, il arrête les soufflets et débarrasse le feu, pour y traiter ensuite ces morceaux à moitié décarburés et pour les réunir en une seule loupe. Le forgeage se fait pendant la fusion.

Rinmann cite une méthode de cette espèce suivie dans le Smaland : elle ne diffère de l'autre, qu'en ce que la masse fondue doit être soulevée une fois, et qu'après le soulèvement, l'ouvrier cherche à obtenir de petits morceaux demi-affinés, qu'il fait sortir séparément du foyer et dont il forme une loupe par une seconde fusion.

On voit que ce procédé ressemble beaucoup à la méthode bergamasque. Le brassage de la fonte liquide avec les laitiers riches ne constitue pas une différence caractéristique. Par l'une et l'autre méthode, on fond le fer cru pour lui donner un premier degré d'affinage, et par l'action du courant d'air et par celle des scories. On fait sortir les morceaux du foyer, on les soumet ensuite soit à la fois, soit par parties à une seconde fusion et de manière que l'affinage et la loupe soient terminés en même temps que cette deuxième liquéfaction.

Ces procédés également défectueux, sont très-longs, ne permettent qu'une faible production et occasionnent une grande consommation de combustible : on les a presque partout abandonnés.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE PULVÉRISÉE.

1194. Dans quelques usines du Salzbourg, de la Carinthie et de Berchtolsgaden, on suit un procédé d'affinage tout particulier; il diffère des diverses méthodes dont nous avons donné une description, en ce que la fonte est employée à l'état de poussière. On porte le fer cru, mis sous forme de plaque, et lorsqu'il est encore rouge de fer, sous un marteau dont la panne est très-large; on le convertit de cette manière en une masse pulvérulente: quelquefois aussi, quand le haut fourneau est à une certaine distance des forges, on chauffe les plaques de nouveau, pour les pulvériser. On emploie ordinairement la fonte grise ou mêlée, parce que la fonte blanche ne se laisserait pas réduire en poudre assez fine.

On mélange la poussière de fonte avec des battitures et avec des scories douces, pulvérisées; on opère ensuite sa conversion en fer ductile par une lente fusion.

Le creuset du feu d'affinerie est composé de quatre taques et d'un fond construit en briques et couvert d'une épaisse couche de brasque. La distance de la plaque de tuyère au contrevent est de 57 centim., la longueur du creuset est de 63. On rehausse la haire et la plaque du contrevent par d'autres plaques, afin de pouvoir entasser les charbons sur une grande hauteur; parce que la charge de métal doit descendre lentement à travers le combustible. La tuyère est très-plongeante; son éloignement de la couche de brasque est de 18 centim. On donne un vent très-faible, pour ralentir le plus qu'il est possible la descente des matières et pour les exposer plus long-temps et de tous côtés à l'action de l'air: un vent fort produirait une température trop élevée, qui déterminerait la fusion du métal avant qu'il ne fût affiné.

Digitized by Google

On commence l'opération par le chauffage de deux lopins obtenus précédemment ; on les porte séparément dans le feu, et on les étire en gros bidons. Pendant la chaude, l'ouvrier jette déjà quelques pelletées de métal sur le charbon qui est entassé du côté de la haire et du contrevent ; on continue les charges à mesure qu'elles descendent. Les bidons obtenus se chauffent ensuite dans un feu particulier pour être étirés en barres.

On conçoit que le chauffage et le martelage des lopins, doit être terminé avant que la quantité de métal nécessaire pour une loupe, soit entièrement fondu. On emploie d'ordinaire pour une fusion 70 à 75 kilog. de matière composée d'un mélange de métal et de scories. Dès que la dernière charge est descendue, on enlève le charbon et l'on fait sortir la loupe qui pèse à peu près 50 kilog., et qu'on divise sous le marteau en deux parties. Le feu est desservi par deux ouvriers qui se relèvent toutes les douze heures, et qui font quatre loupes par tournée.

Dans le feu de chaufferie, on fait une petite loupe de 25 kil. pendant l'étirage des deux bidons livrés par le feu d'affinerie. De sorte que les deux feux fournissent ensemble par chaque opération trois pièces de 25 kilog.; la petite loupe se fait de la même manière que la grande. Les chauffeurs sont aussi au nombre de quatre et se relèvent de douze en douze heures; ils sont chargés de pulvériser la fonte.

On n'obtient par vingt-quatre heures avec ces deux feux que 550 à 600 kil. de fer. Le déchet occasionné par cette méthode est très-faible, il ne s'élève que de 13 à 15 pour cent. La consommation de charbon est immense; on en brûle 31 mètres cubes par 1000 kil. de fer obtenu, sans compter le combustible employé souvent pour chauffer les plaques. On est obligé de les soumettre à une chaude préalable, pour les pulvériser, quand les forges sont à quelque distance des hauts fourneaux.

Digitized by Google

DU MAZÉAGE DE STYRIE.

1195. Le mazéage se divise en deux opérations bien distinctes: par la première, on met le fer cru en fusion pour en faire des blettes que l'on grille; par la deuxième, on affine cette fonte grillée. Ce dernier travail ne diffère point de celui de l'affinage styrien à une seule fusion par lequel on traite la fonte blanche caverneuse qui, en sortant du haut fourneau, se trouve amenée à un premier degré de décarburation, comme les blettes le sont par le grillage et la fusion qui le précède. D'un autre côté le procédé que nous allons exposer, diffère de celui qui a été décrit au paragraphe 1191, en ce sens, que la fonte grillée qu'on traite par ce dernier, n'a pas subi une deuxième fusion.

Le travail du mazéage qu'on pratique dans les provinces méridionales de l'Autriche et dans plusieurs contrées de la France, exige nécessairement deux foyers; l'un pour refondre le fer cru, qu'on veut convertir en blettes, et l'autre pour affiner les blettes grillées. On ne peut traiter ainsi que de la fonte grise, obtenue par des minérais très-fusibles; la fonte blanche ne deviendrait pas assez liquide dans le foyer de mazerie et ne pourrait d'ailleurs se transformer en blettes. Ce procédé paraît très-désavantageux et, au premier abord, des plus mal entendus. On économiserait le combustible brûlé dans le foyer de mazerie, si la fonte grise était convertie en blettes, au sortir du fourneau à cuve, ou bien si l'on employait de la fonte blanche coulée en plaques; mais il est certain que le fer obtenu ne serait pas d'une si bonne qualité, à moins que les minérais, doués d'une pureté parfaite, ne fussent traités dans des fourneaux d'une très-faible hauteur. En refondant le fer cru avant de le soumettre à l'affinage, on parvient à chasser une grande partie des corps étrangers dont il est souillé; ces substan-

Digitized by Google

ces, soumises à l'action directe du courant d'air, s'oxident et se vitrifient par cette liquéfaction préalable. Toutes choses égales d'ailleurs, on obtient donc par le mazéage de meilleurs produits que par la méthode d'affinage dont nous avons traité au paragraphe 1191.

1196. Les foyers de mazerie dans lesquels s'exécute la fusion préalable, se composent de quatre plaques en fonte, et d'un fond de pierres, couvert d'une forte couche de brasque. L'inclinaison de la tuyère est si grande que le jet d'air rencontre le fond presque au milieu. L'élévation de la tuyère au-dessus du fond est de 23 centim. Le travail s'exécute jour et nuit, sans interruption. Bien que dans les vingt-quatre heures on ne puisse fondre que 1500 kilog. de fer cru, un foyer de mazerie suffit amplement pour deux feux d'affinerie.

On ne jette point de scories douces dans le foyer de mazerie; le but qu'on se propose par ce travail préparatoire, c'est de refondre et de blanchir la fonte; mais il ne s'agit pas de la décarburer. C'est pour cette raison que la gueuse est toujours couverte de charbon et que la fusion s'exécute par un vent très-rapide. Lorsque le creuset est rempli de métal, on intercepte le vent, on retire et l'on éteint le combustible, on enlève les scories avec la pelle, on arrose la surface du bain, et l'on en détache les blettes par la méthode ordinaire, ainsi qu'on le pratique avec la fonte de première fusion. Ce travail se continue jusqu'à ce que toute la masse soit changée en blettes ou plaques minces.

On ne fait jamais écouler du feu de mazerie les scories, parce qu'il ne s'en forme qu'une petite quantité, qu'on enlève avec la pelle, lorsque la fusion est terminée: leur présence n'est pas nuisible pendant l'opération; elles protègent la fonte contre l'action du courant d'air.

Digitized by Google

Pour conserver au métal toute sa liquidité, on rend les creusets petits, et la bouche de la tuyère très-étroite. — On grille les blettes obtenues par le procédé que nous allons décrire et qui s'applique aussi à la fonte de première fusion, quand elle est sous forme de plaques minces.

1197. Le grillage des blettes s'effectue, soit dans un fourneau, soit sur l'aire d'un foyer d'affinerie.

Les fourneaux, qui se composent d'une aire recouverte par une voûte, sont pourvus près de la sole d'un certain nombre d'évents ou soupiraux; leur voûte présente une ouverture pour l'écoulement de la fumée et des vapeurs. On donne peu d'air par les évents, parce qu'il faut éviter que les blettes éprouvent un commencement de fusion: l'opération doit d'ailleurs s'exécuter avec beaucoup de lenteur; afin que la fonte puisse être bien décarburée et préparée convenablement pour l'affinage. Elle subit deux effets bien distincts: une partie de son carbone, dégagée de sa combinaison avec la masse du métal, forme avec le fer d'autres composés; une autre partie de carbone est brûlée, ce qui ne peut avoir lieu que par une oxidation à la surface de la fonte. Les blettes fortement grillées sont donc demi-affinées et se trouvent couvertes par une couche d'oxide assez épaisse.

On commence par répandre sur la sole du fourneau un lit de fraisil qui reçoit à peu près 16 centim. d'épaisseur. La capacité de ces foyers est très-variable; elle dépend du développement donné à la fabrication. Lorsque les maîtres affineurs répondent de la consommation de combustible occasionnée par le grillage, chaque maître a son fourneau particulier. S'il doit servir pour deux feux d'affinerie on lui donne 2 mètres de longueur, autant de largeur et autant de hauteur mesurée à la partie la plus élevée de la voûte. Les blettes sont placées de champ

Digitized by Google

l'une à côté de l'autre, et de manière qu'elles ne puissent se toucher, ce qu'on évite avec du fraisil interposé. Sur la sole d'un fourneau qui a les dimensions indiquées, on dispose l'une à côté de l'autre, trois rangées de ces plaques, formant la première pile, qu'on recouvre avec une couche de fraisil de 16 centim. d'épaisseur: sur cette pile se place ordinairement une deuxième, et quelquefois même une troisième, séparée aussi de la précédente par une couche de fraisil. Le chargement s'effectue par une ouverture pratiquée dans la face antérieure et qu'on ferme par un petit mur, quand le fourneau est rempli. Le premier lit de fraisil est traversé par plusieurs canaux construits avec du gros charbon, et aboutissant aux soupiraux par lesquels on porte le feu dans le foyer.

1198. Au lieu de fourneaux, on se sert d'aires à griller, dans la plupart des usines de la Styrie, de la Carinthie et de la Carniole. Ces aires sont coupées dans le sens de la longueur par un canal dont les parois sont formées tantôt par des pierres sèches, tantôt par une maçonnerie à mortier. Ce canal communique avec la tuyère des machines soufflantes. Sa longueur varie entre deux et trois mètres, sa largeur et sa profondeur sont de 21 centim.; on le remplit de charbon, et l'on met sur ce dernier des pièces de fonte qui laissent entre elles des intervalles. C'est sur ces pièces que sont dressées ensuite les blettes qu'on veut soumettre au grillage. Elles sont disposées de manière que leurs grandes faces soient tournées vers la tuyère; on empêche, au moyen de fraisil interposé, qu'elles ne se trouvent entre elles en contact immédiat. Tout le système est couvert par une couche de petits charbons, retenue soit avec des plaques de fonte, soit avec du fraisil humecté et des planches qu'on empêche de brûler, en les arrosant d'eau: on enlève ces dernières, lorsque, par l'élévation de la tem-

Digitized by Google

pérature, l'arrosage ne suffit plus pour les garantir de la combustion.

On grille à la fois 10, 15 à 20 quintaux métriques de fonte, selon la grandeur du foyer. Lorsque les blettes sont rangées sur l'aire comme nous venons de le dire, qu'elles sont couvertes de charbon, de fraisil humecté, etc., on allume le combustible contenu dans le canal, et l'on donne le vent pour produire un embrasement général. La température ne s'élève guères au-dessus du degré de la chaleur rouge: au bout de douze à quinze heures le grillage est terminé.

1199. L'affinage des blettes s'effectue, ainsi que nous l'avons dit, de la même manière que l'affinage styrien à une seule fusion. La perte de poids que la fonte éprouve par le grillage est nulle. Le déchet occasionné par toutes les opérations s'estime au plus à 16 p. $^{0}/_{0}$, dont 6 p. $^{0}/_{0}$ ont lieu au foyer de mazerie. La consommation de charbon est très-considérable: tout compris, elle ne peut s'estimer à moins de 26 mètres cubes par 1000 kil. de fer obtenu; mais on pourrait la diminuer par une économie bien entendue, tout en conservant cette méthode.

DU MAZÉAGE DE SUABE.

1200. Ce genre de mazéage diffère de celui que nous avons déjà décrit, en ce qu'on ajoute une certaine quantité de scories douces à la fonte; afin de lui faire subir dans le foyer de mazerie un premier degré d'affinage. Elle forme alors une loupe qu'on brise en plusieurs morceaux, dès qu'on l'a retirée du feu. Ces morceaux se traitent ensuite par l'affinage styrien à une seule fusion. Ainsi la préparation de la fonte ou la décarburation qui doit précéder l'affinage, s'effectue dans ce cas par des additions de scories, tandis que dans l'autre il a lieu par le grillage.

Digitized by Google

Il existe plusieurs pays où l'on grille la fonte *avant de la traiter au foyer de mazerie;* mais le grillage ne suit jamais la fusion. On porte immédiatement au feu d'affinerie les fragmens de la loupe obtenue au foyer de mazerie; on les retient avec des tenailles au-dessus du courant d'air, pour les fondre une seconde fois et pour en achever l'affinage.

1201. Par le mazéage styrien (1195 et suivans), on ne peut traiter que de la fonte grise, ou tout au plus de la fonte faiblement mêlée; tandis que par le mazéage de Suabe, on peut affiner toute espèce de fonte, puisqu'on la décarbure par des additions de scories : lorsqu'elle est grise, on emploie une plus grande quantité de ces matières. Ce genre d'affinage a la réputation de fournir d'excellent fer, ce qui est très-naturel; parce que la fonte, soumise à une fusion préalable, éprouve le moyen d'épuration le plus énergique. Le travail suivi au feu d'affinerie présente une analogie parfaite avec l'affinage styrien à une seule fusion.

Le creuset de mazerie est ordinairement construit en maçonnerie tapissée de brasque. La tuyère est presque horizontale. Les plaques de fonte, retenues dans de grosses tenailles sont mises en fusion avec rapidité. On traite à la fois 150 à 200 kil. de fer cru, en faisant varier la dose de scories douces avec la qualité du métal. Lorsque la liquéfaction est terminée, on attend une demi-heure avant d'arracher du foyer la masse fondue. Elle ressemble sous le rapport de sa composition et de son aspect extérieur, à la fonte blanche caverneuse.

M. Berthier a fait des analyses de scories obtenues dans les différentes périodes de cette opération. Les scories *a*, ont été produites pendant la fusion de la fonte, les scories *b*, au milieu, et les scories *c* à la fin de l'affinage.

Digitized by Google

	a	*b*	*c*
Silice.	23	19,0	18,0
Chaux	2	17,0	14,5
Alumine	1	1,0	1,0
Magnésie	1	1,0	1,0
Oxidule de manganèse. . .	29	10,5	9,5
Oxidule de fer	45	51,5	61,0
	101	100,0	105,0

Toutes ces scories sont douces; celle qui est désignée par la lettre *c* constitue un sous-silicate presque pur. Il est intéressant d'avoir prouvé par l'analyse que le contenu des scories en silice et en oxidule de manganèse est plus grand au commencement du travail, qu'il ne l'est vers la fin de l'opération. M. Berthier observe, que le fer cru traité dans le feu de mazerie, contenait 2 pour cent d'oxidule de manganèse; tandis que le produit intermédiaire, sortant de ce foyer, en renferme tout au plus 0,4. Cette observation est parfaitement d'accord avec les faits d'expériences que présente en général le travail de l'affinage : on a remarqué qu'on obtient toujours de meilleur fer, en conservant au métal toute sa liquidité par une fusion rapide effectuée, soit dans un foyer particulier, soit dans le même foyer où se termine le travail. C'est pendant cette première fusion, exécutée par un vent fort, que la majeure partie des substances étrangères s'oxide et se sépare de la fonte. Cette épuration serait plus imparfaite si par des additions de scories, ou par la construction du feu, la fonte perdait sa liquidité plus rapidement, et passait plus vite à l'état de fer ductile*.

* Dans un mémoire que M. Berthier a publié en 1808 (Journal des Mines, n° 23, page 177 et suivantes), sur la composition des scories, ce chimiste observe déjà que par le mazéage ou par la fusion de la fonte au milieu du courant d'air, la fonte perd la majeure partie de son manganèse qui s'oxide. L'exemple choisi a prouvé que sur deux pour cent de

Digitized by Google

Bien que le mazéage de Suabe ou du Mont-Blanc fournisse un excellent fer, on ne peut le recommander à cause de l'extrême consommation de combustible qu'il occasionne : cette consommation est aussi grande au moins que celle du mazéage styrien. Quant au déchet, il paraît moins fort que celui qui est occasionné par cette dernière méthode; parce qu'on fait usage d'une grande quantité de scories douces, qu'on ne peut employer lorsqu'on opère par le procédé styrien.

DE LA PRÉPARATION DE LA FONTE DESTINÉE POUR L'AFFINAGE.

1202. Dans quelques usines de la Suède, on est dans l'usage d'arroser la fonte au sortir du haut fourneau, ou plutôt de la jeter dans un bassin d'eau, lorsqu'elle est encore rouge de feu, pour la blanchir; afin que l'acheteur et les affineurs puissent juger par l'inspection de sa cassure, de la manière dont elle se comporte pendant l'affinage. Mais ce procédé n'est pratiquable que dans les pays où l'on ne traite que des minérais très-fusibles et de bonne qualité : on ne pourrait l'imiter dans d'autres usines, parce

---

manganèse contenu dans la fonte, il ne restait que 0,4 p. °/. qui disparaît ensuite dans les opérations subséquentes. Plus tard le même auteur continuant ses travaux sur cette matière importante, a réfuté l'opinion de M. Sefström de Fahlun, en faisant voir que le phosphore renfermé dans la fonte, suit une conduite à peu près semblable à celle du manganèse; il se sépare du fer et passe dans les scories, si la fusion s'opère au milieu du courant d'air des machines soufflantes, et que le métal tombe par gouttes dans le creuset. C'est ce qui montre la nécessité de soumettre le fer cru à une liquéfaction préalable dans les feux de *fineries*, avant qu'on ne le porte aux fours pudlings. (Annales des Mines, tome 9, p. 793.) En général, c'est sur ces principes mis au jour par M. Berthier, que sont basées presque toutes les règles qu'on doit suivre pour épurer le métal en le traitant, soit d'après les anciens, soit d'après les nouveaux procédés. Le T.

Digitized by Google

que l'acheteur serait exposé alors à prendre de la fonte devenue blanche par une surcharge du fourneau, pour de la fonte blanchie.

1203. Bien que la fonte blanche, obtenue par surcharge de minérais, se traite au feu d'affinerie plus facilement que ne le ferait la fonte grise, on ne peut en conseiller l'emploi que dans le cas où elle est très-pure, de manière que la petite quantité de substances étrangères qu'elle renferme puisse se séparer du fer par une prompte manipulation, et sans qu'il soit nécessaire de la refondre à plusieurs reprises devant la tuyère. Quand au contraire la fonte est souillée de beaucoup d'impuretés, on est obligé de lui conserver d'abord toute sa crudité, afin de pouvoir répéter les fusions; il faut donc qu'elle soit grise: dans ce cas, on doit être économe avec les additions de scories.

Ces additions sont les moyens pratiques les plus efficaces de hâter l'affinage du fer cru. On pourrait croire au premier abord que leur effet est le plus fort, lorsque le métal tombé dans le creuset jouit d'une liquidité parfaite. S'il en était ainsi, la fonte grise devrait éprouver par une addition de ces matières, un changement plus grand que celui qu'elles produiraient sur la fonte blanche; mais l'expérience prouve précisément le contraire. Bien que nous soyons forcés d'admettre que l'une et l'autre espèces de fontes liquéfiées présentent le même mode de combinaison du carbone avec le fer, il existe pourtant une différence entre la fonte grise et la blanche, mises en fusion; ne fondant qu'à une température très-élevée, la première retient le carbone avec beaucoup de force, et c'est probablement par cette raison qu'elle est modifiée moins fortement par des additions de scories douces: étant d'ailleurs très-liquide, elle présente moins de surface à l'action du courant d'air et à celle des laitiers. S'il en était autrement,

Digitized by Google

on ne concevrait pas comment la fonte grise obtenue avec des minérais très-réfractaires, qui est une des moins riches en carbone, soit celle qui passe le plus difficilement à l'état de fer ductile. La difficulté qu'on éprouve à l'affiner ne peut donc provenir que du haut degré de température qu'elle exige pour entrer en fusion; parvenue à ce degré, elle devient tout-à-coup très-liquide, et retient le carbone avec plus de force que ne le fait la fonte blanche, soumise au faible degré de chaleur qui suffit pour la ramollir.

Si la fonte grise pouvait passer à l'état pâteux avant d'entrer en liquéfaction, elle s'affinerait aussi vîte que la fonte blanche. D'un autre côté, si cette dernière était exposée à un degré de chaleur tel, qu'elle devînt parfaitement liquide, elle se comporterait au travail de l'affinage de la même manière que la fonte grise.

Ainsi par le blanchîment qu'on fait éprouver à la fonte, on a pour but principal de modifier la composition du métal, de manière qu'en le soumettant ensuite à un degré de chaleur assez faible, il puisse devenir demi-liquide; puisque le fer retient alors le carbone avec moins de force qu'il ne le fait à la température où la fonte grise entre en fusion, et c'est aussi dans cet état que le métal peut présenter à l'action des scories la plus grande surface.

1204. On conçoit par ce qui précède, que la fonte blanche doit être préférée à la grise, lorsqu'on veut abréger le travail de l'affinage, et hâter la conversion du fer cru en fer ductile; mais on doit chercher à la retarder, lorsque le métal renferme beaucoup de substances étrangères, surtout une forte dose de silicium qui rendrait le fer cassant à froid: dans ce cas on est obligé de renoncer à l'avantage que présentent les fontes loupantes.

Quand on travaille d'après la méthode allemande, on

Digitized by Google

emploi de préférence des fontes grises ou mêlées, qu'on n'amène par une première fusion qu'à l'état de fonte blanche : en traversant le courant d'air, les gouttes métalliques sont un peu décarburées et rafraîchies, de manière que la fonte liquide ne conserve plus le degré de chaleur qui lui est nécessaire pour expulser le graphite en se figeant.

En résumé, la fonte grise présente l'avantage de tomber par gouttes isolées dans le creuset : ces gouttes saisies par le courant d'air qui les enveloppe de tous côtés, cèdent pendant leur trajet les substances les plus oxidables, telles que le silicium, le manganèse, le phosphore, etc. Combinés avec l'oxigène, ces corps forment les scories crues, en entraînant une certaine quantité d'oxidule de fer : la fonte qui reste alors dans le creuset devient blanche en se refroidissant, et conserve souvent plus de carbone que n'en renferme la fonte blanche obtenue par une surcharge de minérais; mais elle surpasse cette dernière en pureté. Celle-ci ne peut d'ailleurs se prêter à ce moyen d'épuration, parce-qu'elle ne tombe pas goutte à goutte dans le creuset; elle se détache par écailles, ou morceaux pâteux qui ne donnent pas assez de prise au courant d'air.

1205. Dans la quatrième section, nous avons fait connaître les raisons qui empêchent de donner aux hauts fourneaux une allure telle que, dans tous les cas, la fonte soit blanche lamelleuse, ou blanche par surcharge de minérais. Nous avons vu qu'on ne peut y parvenir ni avec des minérais réfractaires, qui ne peuvent jamais acquérir le degré de fusibilité des oxides purs ou des fers spatiques riches en oxidule de manganèse, ni même avec les minérais les plus fusibles quand on les traite au coke. C'est quelquefois une raison de plus pour pratiquer des méthodes propres à l'affinage de la fonte grise, bien qu'elle renferme plus de silicium que n'en contient la fonte blanche

Digitized by Google

lamelleuse, ou les diverses espèces de fontes blanches obtenues par surcharges de minérais.

Or, pour profiter de l'avantage incontestable que présente le travail des hauts fourneaux, lorsque leur marche est régulière et qu'ils donnent par conséquent des laitiers purs accompagnés souvent de fonte grise, et pour abréger le travail de l'affinage, on emploie pour blanchir cette fonte, plusieurs méthodes, qui cependant ne doivent pas être toujours suivies, quand on veut obtenir un fer de première qualité.

Lorsque les minérais ne contiennent point d'acide phosphorique, et qu'ils sont très-fusibles, de manière que le fer se sépare facilement du laitier, on fait toujours bien de régler les charges de manière, que la fonte devienne blanche et qu'elle conserve seulement le degré de liquidité nécessaire pour ne pas obstruer le trou de la coulée. Quand on emploie du coke pour combustible, quand il faut ajouter beaucoup de fondant aux minérais pour les rendre fusibles, on est obligé d'imprimer aux hauts fourneaux une marche telle que la fonte soit grise ou tout au plus mêlée; on y est forcé pour empêcher les engorgemens du creuset. D'ailleurs la fonte blanche obtenue dans ces sortes de circonstances serait toujours chargée d'une grande quantité de silicium, dont on ne pourrait se débarrasser au feu d'affinerie. Au reste, on a déjà dit que la fonte tout-à-fait grise, obtenue par un mélange de minérais et de fondans très-réfractaires, est celle qui contient le plus de silicium, et qui, pour cette raison, est la moins propre pour l'affinage. Quant à la fonte blanche grenue, qui est accompagnée de laitiers purs, il ne peut en être question; on ne doit jamais la traiter dans les feux d'affinerie, si l'on veut obtenir un produit de qualité seulement médiocre.

1206. Voici les différentes méthodes qu'on a employées

Digitized by Google

jusqu'à présent pour blanchir la fonte grise et la préparer de cette manière pour l'affinage :

1° Le refroidissement subit de la fonte par l'immersion dans l'eau. La fonte grise soumise à cette opération devient d'autant plus blanche, que les minérais dont elle provient ont été plus fusibles, et que le refroidissement s'exécute avec plus de rapidité. Cependant elle ne peut le devenir complètement, surtout en masses épaisses. Ce moyen de blanchiment échoue d'ailleurs contre la fonte grise produite par des minérais réfractaires. Le fer cru qu'on blanchit par cette méthode conserve tout son contenu de silicium et de carbone. Elle ne peut donc s'employer que pour des minérais très-purs, et d'ailleurs elle ne hâte guères le travail de l'affinage; parce que le régule, renfermant une grande quantité de carbone, est toujours disposé à se changer en fonte grise, lorsque dans le feu d'affinerie, il éprouve une fusion très-rapide.

2° La granulation. Ce moyen de blanchiment effectué aussi par le refroidissement subit, est plus efficace que celui dont nous venons de parler; mais il présente le même inconvénient. Autrefois on granulait la fonte en Angleterre pour la traiter aux fours pudlings, parce qu'elle s'affine alors plus vite que la fonte grise; elle est plus facile à figer, ou pour mieux dire, elle passe à l'état pâteux, avant de devenir entièrement liquide. Mais elle exige pour cet effet une graduation de chaleur très-précise; pour peu que le degré de température soit trop élevé, elle entre en fusion complète, à cause de la grande quantité de carbone qu'elle renferme : c'est pour cette raison que le travail de l'affinage devient aussi plus long qu'il ne le serait, si, par le blanchiment, la fonte avait perdu en même temps une certaine quantité de carbone.

3° La conversion en blettes effectuée sur la fonte de première fusion. Bien que ce procédé diffère sous le rap-

Digitized by Google

port de l'exécution de ceux qui sont relatés aux nos 1 et 2, il conduit aux mêmes résultats. On diminue d'ordinaire le contenu de carbone, par le grillage des blettes, ce qui accélère le travail de l'affinage; mais le contenu de silice reste invariable. On ne doit donc conseiller ce genre de manipulation, que dans le cas où la fusibilité et la bonne qualité des minérais offrent une garantie suffisante de la pureté du fer cru. La fonte grise qui renfermerait beaucoup de silicium, donnerait un fer cassant si on la traitait de cette manière. Obtenue par des minérais très-fusibles, et blanchie par un refroidissement subit, elle se trouve changée en une espèce de fonte blanche lamelleuse artificielle; puisque son contenu de carbone est égal à celui de la fonte blanche lamelleuse naturelle: au travail de l'affinage elles se conduisent toutes les deux de la même manière.

4° Le blanchiment de la fonte dans le haut fourneau, par des additions de fer oxidé ou de minérais purs, jetés dans le creuset et mêlés à la masse liquide.

5° Le blanchiment effectué dans le haut fourneau par le courant d'air dirigé sur la fonte liquide.

6° La refonte du fer cru opérée de manière qu'il conserve sa couleur grise et qu'il puisse être converti en blettes; il a été question de cette méthode au paragraphe 1195: les résultats sont bien différens de ceux du procédé n° 3. Par la fusion du régule dans le foyer de mazerie, au milieu du courant d'air, on a pour but principal de se débarrasser du manganèse et du silicium: la fonte obtenue est alors infiniment plus pure qu'elle ne l'était en sortant du haut fourneau; mais comme elle n'a perdu qu'une petite quantité de carbone, son blanchiment ne s'effectue que par sa conversion en blettes. Mise sous cette forme, elle est, sous le rapport de sa composition, dans l'état où se trouve le fer cru qui, traité par l'affinage à l'allemande, a éprouvé la première fusion. Cependant, la fonte mazée est un peu

Digitized by Google

plus riche en carbone ; mais on en diminue le contenu, par le grillage. — Si cette méthode n'entraînait pas une si grande consommation de combustible, elle serait généralement applicable ; parce que les blettes obtenues par une seconde fusion et grillées ensuite, sont faciles à traiter et donnent un excellent fer : sous le rapport de la pureté et de la petite quantité de carbone qu'elles renferment, elles ont une analogie parfaite avec les floss caverneux, produits soit par des oxides très-purs, soit par les fers spatiques de la meilleure qualité.

7° La fusion du fer cru avec une addition de scories douces, et dans des feux activés au charbon de bois : nous avons fait mention de ce procédé (1200) en traitant du mazéage de Suabe ou du Mont-Blanc *. Épurée par l'action du courant d'air et décarburée par le contact des scories, la fonte est alors dans le même état où elle se trouverait après la première fusion effectuée par l'affinage à l'allemande. Ainsi la différence entre les deux procédés consiste seulement en ce qu'on fait usage de deux feux, par l'une de ces méthodes, tandis que par l'autre, on ne se sert que d'un seul foyer pour toutes les manipulations. Quand on procède par le mazéage, on refond d'abord le fer cru et l'on considère ensuite l'affinage comme une opération particulière ; quand au contraire on procède à l'allemande, les deux genres de travaux, se succédant sans interruption dans le même feu, sont pris pour une seule opération. Le mazéage de Suabe n'offre donc aucun avantage : il est moins économique que la méthode allemande ; parce qu'on laisse refroidir le métal avant de le soumettre à la deuxième espèce de manipulation, ce qui occasionne une immense consommation de combustible. On pourrait

* Ce genre de blanchiment se retrouve encore dans la méthode Bergamasque, lorsqu'on emploie de la fonte grise. Le T.

Digitized by Google

adresser le même reproche au mazéage styrien, si la fonte soumise à ce traitement n'éprouvait pas une plus forte épuration; de plus, les blettes grillées renferment si peu de carbone, et dans un état tel, qu'elles se changent avec la plus grande rapidité en un fer ductile d'une excellente qualité.

8° La refonte du fer cru dans un four à réverbère dont la sole est horizontale : on complète le blanchiment par des additions de scories douces.

9° La refonte du fer cru dans des feux activés au coke, et sans addition de scories.

Nous sommes obligés d'entrer encore dans de plus longs détails, sur les méthodes des n°s 4, 5, 8 et 9.

1207. Nous avons déjà parlé du blanchiment de la fonte effectué dans le creuset du haut fourneau par des additions de minérais purs et riches (901). D'ordinaire, on ne suit ce procédé que pour priver la fonte d'une partie de son carbone; mais s'il était continué assez long-temps, on pourrait la blanchir entièrement et la convertir en floss caverneux. Il est évident que ce mode de blanchiment ne pourrait convenir, que dans le cas où l'on disposerait des minérais les plus purs et les moins chargés de silicium; il ne peut donc s'appliquer que dans les circonstances où il est permis de convertir en blettes la fonte de première fusion. La fonte blanchie de cette manière se distinguerait des blettes, en ce qu'elle contiendrait moins de carbone; elle différerait des floss caverneux, en ce qu'elle renfermerait une plus grande quantité de silicium, qu'on enlève difficilement par le travail de l'affinage, lorsque le fer est déjà décarburé en partie *.

* Il est évident, par ce qui précède, que ce genre de blanchiment serait très-défectueux; il tendrait à augmenter la quantité de silicium renfermée dans la fonte. Le T.

Digitized by Google

1208. Nous devons à M. Fulda, une description très-détaillée du procédé qu'on suit dans l'Eiffel, pour blanchir la fonte dans le haut fourneau. Dès que le métal s'élève dans le creuset jusqu'à 5 ou 6 centimètres au-dessous de la tuyère, on forme sur cette dernière un nez, soit avec de la terre glaise, soit avec des laitiers légers. Cette espèce de voûte doit dépasser la tuyère de 5 à 6 centimètres; son but est de rabattre le courant d'air sur la surface du bain métallique, dépouillé de sa couche de laitier.

Un tampon de cette matière, préparé d'avance, et placé entre la tympe et la dame, empêche que la fonte pressée par le courant d'air, ne déborbe cette dernière. On accélère la vitesse du vent, afin qu'il agisse avec plus de force sur le bain, et qu'il pousse vers la tympe le laitier qui se forme pendant l'opération. La flamme de la tympe, qui conserve sa couleur pendant ce travail, devient moins forte; le fourneau n'éprouve point de refroidissement sensible; la réduction et la fusion des matières qui sont au-dessus de la tuyère continuent de s'effectuer; la descente des charges n'est point interrompue, mais elle se trouve ralentie dans le rapport de 3 à 5.

On est obligé de faire écouler à plusieurs reprises les scories qui, sous le rapport de leur consistance, ressemblent d'abord aux laitiers ordinaires; mais elles deviennent plus tard si liquides, qu'elles percent la couche de laitiers figés qui se trouve dans l'avant-creuset, et qu'elles s'écoulent librement sur la dame. On y conserve ces matières figées pour éviter une trop grande perte de chaleur: ce n'est que dans le cas où elles deviendraient trop dures ou que la couche en serait trop épaisse qu'il faudrait les enlever; mais elles se trouveraient remplacées en peu de temps par une nouvelle couche.

Ces scories refroidies sont poreuses, légères et se pré-

Digitized by Google

sentent sous l'aspect des scories de forges, riches en silice; elles auraient avec ces dernières une ressemblance parfaite, si elles ne se trouvaient pas mêlées avec le laitier qui se forme dans le haut fourneau par la réduction des minérais.

La fonte liquide change peu à peu sa couleur, qui s'éclaircit en passant du rouge au jaune. Ce changement et surtout la naissance d'une foule de petites étincelles qui se répandent du creuset dans la tuyère, sont les signes auxquels on reconnaît que le travail touche à son terme. On s'empresse alors de faire écouler la fonte; parce que ces étincelles annoncent la combustion du fer. La durée de l'opération varie selon la largeur du creuset: au commencement d'une campagne, elle peut s'achever au bout d'une heure; mais vers la fin du fondage, lorsque le creuset est élargi, elle exige souvent trois ou quatre fois plus de temps.

Les creux qui reçoivent la fonte s'écoulant du haut fourneau, sont tapissés avec du laitier pulvérisé mêlé de sable humide; on ne peut employer du sable humecté pur, parce qu'il ferait éclater le métal, ce qui pourrait occasionner des accidens. La fonte lance pendant la coulée une grande quantité d'étincelles blanches ou bleuâtres. Sa couleur est blanche argentine, et sa cassure caverneuse. Non blanchi, ce fer cru sert au moulage et présente alors une couleur grise et une texture à gros grains.

Lorsque la coulée est terminée, on détache des parois de l'avant-creuset les laitiers durcis, sans toutefois mettre beaucoup de soins à nettoyer l'intérieur de l'ouvrage; on ferme le trou de la coulée; on introduit dans le creuset quelques pelletées des scories obtenues par le blanchîment de la fonte; on ferme l'avant-creuset avec du fraisil, après avoir enlevé le nez de la tuyère, et nettoyé ce tube; enfin on fait agir les machines soufflantes avec lenteur. On continue de donner un vent faible, jusqu'à ce que le creu-

Digitized by Google

set soit rempli de laitiers, ce n'est qu'alors qu'il doit recevoir la vitesse ordinaire.

1209. La méthode de blanchîment que nous venons d'exposer n'occasionne qu'une très-faible dépense, et n'entraîne qu'une légère perte de temps qu'on regagne amplement au travail de l'affinage. Cependant, elle n'est applicable que dans le cas où les minérais sont très-fusibles, et qu'on opère au charbon de bois. Il est essentiel qu'ils ne renferment point d'acide phosphorique, et que la séparation des matières puisse s'effectuer sans qu'elle soit aidée par une forte dose de fondant; afin que le fer cru ne puisse se charger d'une trop grande quantité de silicium. Il est vrai qu'une partie de ce dernier se trouve oxidée par le courant d'air; mais cette épuration est plus incomplète que celle qui résulterait d'une seconde fusion effectuée devant la tuyère d'une machine soufflante. Quand on dispose de bons minérais, ce genre de blanchîment est préférable à celui qui est produit par la conversion de la fonte en blettes: par l'une de ces méthodes, le métal s'épure, il perd une partie de son silicium et de son carbone, sans occasionner aucune dépense en combustible; par l'autre il change de texture, mais il conserve son contenu de silicium, et ne se trouve décarburé que par le grillage.

1210. Dans plusieurs usines du Berry, on a modifié avantageusement le procédé que nous venons de décrire. Le haut fourneau est pourvu de deux tuyères dont l'une reçoit de temps à autre une direction plongeante, lorsque le creuset commence à se remplir de fonte; tandis que l'autre conserve toujours sa position. En sorte que la descente des matières s'effectue sans interruption, pendant que le bain de fonte éprouve l'action épurative du courant d'air.

Digitized by Google

Mais, il faut le répéter, ces manières de préparer la fonte pour l'affinage, ne peuvent s'employer qu'avec des minérais très-fusibles et très-purs; dans le cas contraire, elles nuiraient à la qualité du fer en barres.

On voit, d'après ce qui précède, que le blanchîment de la fonte dirigé par le courant d'air sur le bain métallique, ne peut s'employer que dans les cas où il serait aussi permis d'opérer par surcharges, pour obtenir la fonte blanche caverneuse. Mais en imprimant au haut fourneau une marche régulière, telle que le laitier soit toujours pur, on brûle moins de charbon et l'on dépense moins de minérais qu'il n'en faudrait pour la production de cette fonte caverneuse; de plus on n'a pas à craindre les engorgemens qu'on ne peut pas toujours éviter, quand on procède par surcharges. D'un autre côté, il faut avouer que le fer cru produit dans ce dernier cas, est encore plus pur que celui qu'on obtient par la méthode de blanchîment dont nous venons de parler.

1211. Les fours à réverbère qui servent au blanchîment de la fonte, ont une sole à peu près horizontale; on peut tout au plus la rendre légèrement concave vers le milieu. Il doit en être ainsi, afin que le métal liquide, répandu sur toute la sole, puisse offrir une grande surface à l'action du courant d'air libre : si à quelqu'endroit le bain était profond, l'opération serait retardée et pourrait devenir impossible. C'est aussi pour cette raison qu'on doit charger le four d'une quantité de fonte bien moindre qu'elle ne le serait, si l'on voulait simplement la refondre pour le moulage : dans ce cas, on tâche de rendre le bain très-profond. Lorsque le métal liquide forme sur la sole une couche mince, il se refroidit par le bas; pénétré alors d'un faible degré de chaleur en s'écoulant du foyer, il se congèle promptement, ce qui empêche la renaissance du graphite.

Digitized by Google

Nous offrons à nos lecteurs les dimensions du four à réverbère, servant au blanchîment de la fonte, qui se trouve aux forges de Geislautern. Du reste ce foyer diffère très-peu du four à réverbère qui, aux forges de Saynerhutte, sert à la fusion du fer cru qu'on emploie pour le moulage :

	m
Longueur de la sole depuis le pont jusqu'au rampant.	2,20
Largeur de la sole à 31 centimètres de distance du pont. . .	1,26
Largeur de la sole au milieu de sa longueur, c'est-à-dire vis-à-vis de la porte.	1,18

Cette largeur continue jusqu'auprès du rampant, où le raccordement se fait par une ligne courbe.

	m
Longueur de la grille mesurée dans le sens perpendiculaire à celle de la sole.	0,78
Largeur de la grille.	0,63

Les dimensions de la grille ainsi que celles de l'échappement doivent varier suivant la qualité du combustible. A Geislautern on emploie de la houille maigre donnant du coke fritté.

	m
Distance de la grille jusqu'au bord supérieur du pont. . . .	0,47
Distance du bord supérieur du pont à la voûte	0,42

Cette dernière s'abaisse d'une manière insensible vers le rampant.

	m
Hauteur de la voûte sous clef, mesurée au milieu du fourneau vis-à-vis de la porte	0,50
Hauteur du pont.	0,08

La cheminée a 22 mètres de hauteur; elle offre quatre retraites successives; la maçonnerie n'est point consolidée par des ancres ou des barres de fer; les parois intérieures sont construites en briques réfractaires, séparées du mur extérieur par un remplissage de matières concassées; son ouverture supérieure est pourvue d'un registre.

La sole repose sur des plaques de fonte, au-dessous desquelles règne un système de canaux. Au-dessus des

Digitized by Google

plaques est un briquetage qui, couvert de briques concassées, porte la couche de sable constituant la sole proprement dite, son épaisseur est de 20 à 30 centim. Ce sable, très-pur d'ailleurs, ne doit pas être comprimé; on l'égalise de manière qu'il offre une surface parfaitement plane et horizontale; vers la porte et vers le rampant on l'entasse pour opposer des digues ou dames aux matières liquides. Après chaque coulée on détruit l'une de ces digues, celle qui est du côté de la porte; afin que le fourneau puisse être nettoyé, et que le sable ne se mêle pas avec la fonte au moment du chargement. Dès que ce dernier est terminé, on refait la dame dont il s'agit. Le trou de la coulée se trouve ménagé au-dessous de la porte.

Le fer cru qu'on veut refondre, est répandu sur toute la sole; cependant on l'accumule en plus grande quantité vers le rampant, où la chaleur est le plus intense, d'après les dimensions adoptées pour la grille et la section de ce canal. Pendant le chargement, la cheminée reste fermée ainsi que cela se pratique toujours. On ouvre et l'on referme la porte pour chaque morceau de fonte qu'on introduit dans le foyer, afin de ne pas le refroidir. On a soin que pendant le chargement la grille soit couverte de charbons embrasés, pour n'être point gêné par la fumée. Dès que cette opération est terminée, on active le tirage en ouvrant le registre.

1212. Pour mettre le fourneau en activité, on commence par le chauffer; malgré cette précaution, le fer se fige souvent sur la sole, au point qu'il est impossible de l'entretenir à l'état liquide. Pour le remettre en fusion, on recharge le foyer sans ajouter de scories au métal. Dans ce cas, la fonte conserve la couleur grise; ce n'est donc que par la troisième charge et par celles qui suivent, qu'on peut obtenir de la fonte blanche. Le

Digitized by Google

fourneau peut rester en feu sans interruption pendant plusieurs semaines, jusqu'à ce que les dégradations de la voûte ou de la sole forcent de mettre hors.

On favorise le blanchîment en ajoutant à la fonte des scories de forge: cette addition se fait au moment même où l'on effectue le chargement; ou bien on introduit les scories dans le foyer lorsque le métal est liquide, et dans ce cas, on est obligé de les brasser avec la fonte. Ce travail devient inutile quand on suit la première méthode, parce que les substances oxidées dont il s'agit, entrent plutôt en fusion que le métal, qui les déplace, se mélange et reste avec elles en contact.

On a essayé d'ajouter aux socries de forge de la chaux et de la poussière de charbon, dans le but de faciliter leur décomposition; mais on a remarqué que le fer retenait alors une plus grande quantité de carbone. Si l'on mêle les scories au métal, après que sa fusion est terminée, on doit y procéder par intervalles successifs. Le brassage des matières, qui se fait avec des perches en bois, ne doit s'effectuer qu'après la liquéfaction de la dose de scories introduite à la fois dans le fourneau. Ces additions se répètent trois à quatre fois. D'ordinaire on refond huit à neuf quintaux métriques de fonte, qui exigent 1 $\frac{1}{2}$ à 2 quintaux de scories. Ces dernières se changent quelquefois en bisilicate par cette opération, et présentent alors l'aspect des laitiers de haut fourneau. Cet effet est dû à la silice que fournit le sable de la sole; le fer cru seul ne pourrait le produire.

En puisant de temps à autre quelques cuillerées de fonte pour épreuves, on peut juger de l'état du métal; on reconnaît de cette manière la nécessité de le faire écouler ou de le laisser encore dans le fourneau, ou bien d'y ajouter une nouvelle dose de scories. Il faut à peu près trois à quatre heures pour liquéfier huit à neuf quintaux

Digitized by Google

métriques de fer cru, le rendre parfaitement blanc et semblable à la fonte caverneuse obtenue directement du haut fourneau par surcharges de minérais.

On ne fait point de percée particulière pour le laitier, il s'écoule avec la fonte par l'ouverture ménagée au-dessous de la porte, dans un petit cheneau en fer, garni d'une couche d'argile. Lorsqu'on s'aperçoit que les scories arrivent seules, on interrompt le jet en enlevant le cheneau. On arrose la fonte avec une grande quantité d'eau.

Les scories renferment encore beaucoup de grains de métal qu'on en retire par le bocardage.

Le déchet est presque toujours nul : quelquefois on gagne même 1 à 3 pour cent; parce que la fonte réduit une certaine quantité d'oxidule de fer renfermé dans les scories. La consommation de charbon s'élève à peine à $0^{m.cub},66$ par 1000 kilog. de fonte blanchie.

1213. Le blanchîment de la fonte dans des fours à réverbère, par une seconde fusion et au moyen de scories douces, semble constituer une méthode fort avantageuse, sous le rapport du déchet et sous celui de la consommation de combustible. Il faut ajouter encore que le fer cru perd par cette opération une certaine quantité de carbone et même une petite partie de silicium : des expériences que j'ai faites sur plusieurs espèces de fontes grises et sur les produits obtenus, m'ont toujours donné ces résultats. Cependant, la fonte conserve les deux tiers et même les trois quarts de la quantité de silicium qu'elle renfermait avant la fusion, et elle retient en outre tout le contenu de phosphore, qui pourtant ne paraît pas s'accroître par les additions de scories. La présence de ces matières ne favorise pas le départ du silicium dont l'oxidation ne peut être effectuée que par le courant d'air.

Considéré comme moyen épuratif, ce procédé de blan-

Digitized by Google

chîment est très-défectueux; il ne peut donc s'appliquer qu'aux fontes grises obtenues avec des minérais purs et fusibles. Si la fonte blanchie dans le four à réverbère provenait de minérais réfractaires, elle donnerait par l'affinage un mauvais fer qui ne serait doué que d'une faible ténacité.

1214. Lorsque l'affinage se pratique dans des fours à réverbère chauffés à la houille, on blanchit la fonte le plus souvent dans des feux activés au coke dont la combustion s'effectue par les courans d'air des machines soufflantes. Ces feux ressemblent aux feux d'affinerie, ou plutôt aux foyers de mazérie. On prépare donc le fer cru par une opération analogue à celle du mazéage; mais au lieu de laisser figer la matière dans le creuset même, on la fait écouler ainsi qu'on le pratique par le blanchîment dans les fours à réverbère (1211 à 1213).

Ce procédé a été employé d'abord en Angleterre. Les feux y ont reçu le nom de *finery* ou *refining furnaces*, et le produit obtenu a été appelé fin métal (*fine métall* ou *fine iron*).

Dans les pays où l'on opère au charbon de bois, on pourrait avec avantage substituer à plusieurs anciennes méthodes le travail des fineries qui, se continuant sans interruption, produirait incontestablement une économie de temps et de combustible.

1215. Nous avons déjà signalé l'imperfection de plusieurs méthodes de blanchîment effectuées ou sans fusion préalable, ou par l'influence des scories. Ce n'est que par l'action énergique du courant d'air, qu'on parvient à séparer du fer le manganèse et le silicium, en même temps qu'une partie du carbone. Sous le rapport des effets produits, on ne peut donc comparer au travail des fineries, que celui

Digitized by Google

du mazéage. Cependant, ces deux procédés diffèrent entre eux : par le dernier, le fer cru conserve après sa fusion presque tout son carbone, ne perdant que les substances étrangères qui le souillaient; on le décarbure ensuite au moyen d'une seconde opération, le grillage: par le premier, on effectue à la fois la décarburation du métal et le départ des matières nuisibles. On obtient alors une fonte caverneuse, ou pour mieux dire, une fonte blanche, épurée, contenant le moins possible de charbon.

M. Berthier a prouvé par ses analyses que les scories des feux de finerie renferment une grande quantité d'acide phosphorique; tandis qu'on ne trouve ce corps qu'en faibles doses dans les scories qui se forment par l'affinage du fin métal au four à réverbère. Or le silicium et le manganèse se conduisent sous ce rapport comme l'acide phosphorique : ils ne sont oxidés que par l'action du courant d'air.

Il résulte aussi des analyses du même chimiste, que les scories des fourneaux pudlings renferment plus de silice que les scories de finerie : on ne peut l'attribuer qu'au sable dont se compose la sole du four à réverbère; tandis que la silice renfermée dans les scories des feux de finerie est due principalement à l'oxidation du silicium contenu dans la fonte. Les scories des feux de finerie ont une analogie parfaite avec celles qu'on obtient à la première période du travail de l'affinage, selon la méthode allemande ou comtoise.

La fonte chargée de silicium, soit par la composition ou l'infusibilité des minérais, soit par le manque ou la mauvaise qualité du fondant, soit par la hauteur des fourneaux à cuve, ou celle des ouvrages, soit enfin par la réunion de ces diverses circonstances, donnerait toujours un fer très-cassant si pour la préparer à l'affinage on la changeait en fonte blanche, par l'influence des scories douces. L'épura-

Digitized by Google

tion d'un semblable fer cru ne peut s'effectuer que par l'action du courant d'air des machines soufflantes; il est vrai que cette épuration ne devient complète ni par le mazéage proprement dit, ni par la fusion opérée dans les fineries. Dans ce cas, le fer ductile obtenu n'est jamais de première qualité; mais il deviendrait extrêmement mauvais et cassant si le blanchîment était opéré par l'emploi des scories douces.

1216. La conversion de la fonte grise en fonte blanche caverneuse, au moyen de la fusion effectuée dans les feux de finerie, présente souvent des difficultés. L'opération est facile, lorsque le régule renfermant beaucoup de carbone a été obtenu par des minérais fusibles. La fonte grise produite par des minérais réfractaires et contenant peu de carbone, reste grise après la fusion, et se change difficilement en floss caverneux; la raison de ce fait a déjà été développée suffisamment *.

La fonte mêlée, est celle qui convient le mieux pour le travail des feux de finerie. Produite par des minérais très-fusibles, elle donne ordinairement un très-bon fer, à moins que ces minérais ne contiennent beaucoup d'acide phosphorique.

Les feux de finerie ne se construisent pas avec des plaques; on les forme avec des caisses de fonte dans lesquelles on fait circuler continuellement un courant d'air froid, soit pour en empêcher la fusion, soit pour modérer le plus possible la chaleur du creuset où s'assemble le métal liquide. Le fond est en sable. La fonte s'écoule

* Pour refondre ce fer cru, on est obligé d'employer un très-haut degré de chaleur; pénétrée de cette température, la masse ne peut se refroidir assez promptement, le carbone a le temps de se dégager de sa combinaison, et il se trouve dans la circonstance voulue; la fonte doit donc rester grise. Le T.

Digitized by Google

dans des moules de fer cru, au-dessous desquels on fait couler de l'eau pour les rafraîchir.

1217. A quelques changemens près, assez insignifians par eux-mêmes, tous les feux de finerie sont semblables à celui dont le dessin est représenté par la Fig. 1 et 2, Pl. VIII.

a Est la caisse à air qui communique avec la machine soufflante et fournit le vent aux tuyères.

b Représente une caisse dans laquelle on a ménagé les emplacemens pour les tuyères. L'intérieur de ce vase est plein d'eau; le liquide s'écoule et se renouvelle sans cesse. — Il arrive souvent que cette caisse est remplacée par une simple taque, appuyant contre un mur; dans ce cas, il est nécessaire que la tuyère soit à double enveloppe, et qu'on y fasse circuler un courant d'eau *.

c Est une forte plaque en fonte qui ferme le creuset du côté antérieur et dans laquelle se trouve le trou de la coulée.

d Figure une grande caisse angulaire qui ferme le creuset sur deux faces contiguës; on y fait circuler aussi un courant d'eau.

e Est le couvercle de cette dernière caisse; il est ordinairement encombré de coke.

f Sont des supports en fonte qui soutiennent la cheminée.

g Est le manteau de la cheminée.

h Représente les moules en fonte qui reçoivent le fin métal qu'on fait écouler. Ces moules se composent ordinairement de plaques séparées qu'on assemble : quelquefois

* Les tuyères s'appuient le plus souvent sur une caisse pleine d'eau et surmontée par une plaque de fonte, dans laquelle on ménage les ouvertures pour ces tubes qui, dans ce cas, sont toujours à double enveloppe pour recevoir un filet d'eau. Le T.

Digitized by Google

aussi, on les coule en une seule pièce. Au-dessous de ces moules qui ont une légère pente, on fait circuler un courant d'eau. Souvent on les enduit d'une mince couche d'argile délayée dans l'eau.

i Est le fond confectionné en sable.

1218. Les feux de finerie exigent beaucoup de vent sous une forte pression. On le donne par deux, trois, ou quatre tuyères. Pour exposer le métal fondu à l'action de l'air, on incline ces tubes sous un angle de 10 à 12 degrés avec l'horizon.

Les gueuses (pigs) qu'on fait refondre ont ordinairement 1 met. de longueur, et pèsent 45 à 55 kil. Les cokes frittés ne conviennent guère pour le travail de ces foyers; ceux qui renferment beaucoup de cendres sont encore plus mauvais. Lorsqu'i's se compriment trop fortement ou qu'ils ne sont pas assez inflammables, ils empêchent la circulation de l'air, exigent un vent très-fort et produisent alors un degré de chaleur trop élevé qui s'oppose au blanchîment du fer cru. Des cokes boursoufflés qui laissent entre les fragmens beaucoap de jours, méritent la préférence sur tous les autres, si toutefois ils ne donnent par la combustion une trop grande quantité de cendres.

On commence le travail par remplir de cokes tout le foyer, et l'on y pose la fonte, lorsque le combustible est parfaitement embrasé. Il s'allume très-vite après la première coulée, parce que le creuset est alors pénétré d'un assez haut degré de chaleur. Selon les dimensions de ce dernier, on peut refondre par une seule opération, 10 à 12 quintaux métriques de fonte qu'on charge à plusieurs reprises. Le laitier qui est noir, caverneux et souvent cristallisé, s'écoule avec la fonte dont on le détache facilement soit par l'arrosage, soit à coups de masse.

Le travail s'exécute très-rapidement; terme moyen, on

refond en trois heures 1000 kilog. de fer cru : le déchet est de 12, et au plus de 15 pour cent. Lorsque le fer cru provient de minérais très-fusibles, il n'éprouve qu'un déchet de 9 à 10 pour 100. La consommation de coke ne peut être fixée avec beaucoup de précision; cependant elle ne s'élève pas au-dessus de $0^{m.cub.},65$ par 1000 kil. de fin métal obtenu. L'ouvrier doit avoir soin d'empêcher que la fonte ne descende trop vite à travers les morceaux de coke; il soulève les saumons de temps à autre pour les placer au-dessus de la tuyère. Le combustible frais doit être ajouté en petite quantité.

Le fin métal est d'autant meilleur qu'il se rapproche davantage des floss caverneux* : de la fonte réfractaire et des cokes qui se compriment fortement, augmentent les difficultés de l'opération et rendent la décarburation du fer cru plus imparfaite. Lorsque le vent ne peut circuler librement dans le feu, les gouttes métalliques ne se trouvent pas assez exposées à l'action de l'air : il n'est guères au pouvoir de l'ouvrier de ménager assez de jours entre les morceaux de coke, quand ils sont trop disposés à se comprimer **. Ainsi le succès dépend presque unique-

---

* Le fin métal ne doit pas être entièrement caverneux; parvenu à ce point de décarburation, il est difficile à fondre, et se traite fort mal dans les fours pudling. On désire le plus souvent qu'il soit spongieux, jusqu'au milieu de son épaisseur, et que l'autre moitié soit compacte. Il existe même beaucoup d'usines dans lesquelles on préfère le fin métal, dont les soufflures ne s'étendent que jusqu'au premier tiers de son épaisseur. Le T.

** Il ne faut pas conclure de cette observation de l'auteur, que le travail dans le creuset soit inutile; un ouvrier plus habile et plus diligent qu'un autre, consomme moins de combustible, fournit de meilleurs produits, leur donne une qualité plus constante, et diminue le déchet. Dès qu'il remarque que la flamme cesse de se montrer dans les angles du contre-vent, il donne quelques coups de ringard sur les points morts,

Digitized by Google

ment de la qualité du fer cru dont on dispose, de la quantité de vent fourni et de la nature des cokes employés. Il importe avant tout que les parois du creuset soient rafraîchies le plus possible. Pour forcer le blanchîment de la fonte, on y ajoute souvent des battitures.

1219. Il n'est pas certain que le blanchîment de la fonte effectué au coke dans les feux de finerie, puisse avoir des résultats heureux, étant appliqué à l'affinage au charbon de bois: on ne peut rien statuer d'avance à ce sujet, parce qu'on ignore l'influence que le soufre contenu dans ce combustible et la silice renfermée dans les cendres, peuvent exercer sur la propriété du fin métal *. On peut admettre en tous cas, que la préparation du fin métal au charbon de bois, offrirait des produits plus purs, et ne laisserait aucun doute sur la réussite. — Dans l'affinage aux fours à réverbère, on peut employer une fonte moins

---

et cherche à y rétablir la circulation de l'air; il y parvient toujours, à moins que le combustible ne soit d'une très-mauvaise qualité. Il est essentiel qu'on n'emploie pour le travail des fineries que de bon coke; on doit en bannir celui qui provient de la carbonisation dans les fourneaux, quelle que soit du reste leur forme. Ce coke est ordinairement plus compacte et plus sulfureux que celui qui a été obtenu en plein air. Le T.

* Le fer que les anglais emploient pour la fabrication du fer-blanc, s'affine toujours au charbon de bois, dans des feux d'affinerie ordinaires, et la fonte qu'on y traite, se prépare par une fusion préalable, effectuée dans des feux de finerie activés au coke; mais le travail est conduit de manière que le fin métal ne soit pas caverneux, parce qu'on tâche d'obtenir un fer dur qui convient mieux pour l'objet dont il s'agit. Si le fer devait recevoir une autre destination, et qu'on voulût l'affiner au charbon de bois, le fin métal pourrait probablement être caverneux dans toute son épaisseur, ce qui ne doit pas avoir lieu quand on le traite dans les fours pudlings. (Voyez la première note du paragraphe précédent). Le T.

Digitized by Google

pure qu'elle ne devrait être, si on la traitait au charbon de bois *.

Quels que soient les procédés qu'on suive pour affiner promptement et au charbon de bois, la fonte blanche obtenue, soit par surcharge, soit par une seconde fusion, il est essentiel qu'on la refonde lentement, à une grande hauteur au-dessus du jet d'air qui doit être horizontal; c'est le meilleur moyen de favoriser la décarburation et de protéger le métal autant qu'il est possible contre l'influence oxidante du courant d'air. Ce procédé constitue donc un grillage prolongé, effectué au milieu des charbons embrasés : la fonte se décarbure peu à peu avant de descendre dans le creuset; arrivée ensuite au milieu du courant d'air, où la chaleur est le plus intense, elle ne conserve plus assez de carbone pour devenir entièrement liquide, et perd d'autant plus facilement celui qui lui reste encore.

1220. Pour achever la décarburation du métal, l'oxigène de l'air atmosphérique, dirigé sur la masse liquide, doit seconder l'action des scories : seules elles ne suffiraient point pour terminer l'opération, parce que leur influence est trop lente. L'oxigène libre produit un effet plus rapide sur les dernières parties de carbone contenu dans le métal. C'est pour cette raison que le fer obtenu par attachement, exposé directement au vent, est toujours très-pur et très-doux; c'est encore pour cette raison qu'on obtient toujours d'excellens produits par toutes les méthodes qui ne donnent que de petits lopins.

---

* L'expérience m'a prouvé que les fontes de mauvaise qualité affinées à la houille dans les fours pudlings, donnent un fer moins cassant qu'il ne le serait si l'affinage s'effectuait au charbon de bois; les bonnes fontes se conduisent d'une manière tout-à-fait opposée. (Voyez la note que nous avons ajoutée au paragraphe 1110.) Le T.

Digitized by Google

A la fin du travail, la température est très élevée, puisque le fer pur entre presque en fusion; il peut donc se combiner de nouveau avec le carbone, ce qui arrive souvent, lorsque l'ouvrier l'expose trop long-temps devant la tuyère pour obtenir des lopins par un attachement forcé.

1221. L'action combinée des scories et du courant d'air fait bouillonner la fonte, qui répand un bruit semblable à celui du lard qu'on grille, comme si elle était en fermentation. Cet effet augmente avec la force du vent; de là le nom d'affinage par bouillonnement donné à la méthode allemande. Mais c'est une désignation assez impropre; le bouillonnement a lieu, quelle que soit la manière d'opérer, bien qu'il soit d'autant plus fort que la fonte employée contient plus de carbone; il devient très-faible par toutes les méthodes qui sont bornées à l'affinage des fontes blanches décarburées.

C'est à la première période, pendant la fusion du fer cru, que les additions de scories douces produisent le plus grand effet. Il devient moins fort lorsque le fer commence à se décarburer entièrement; c'est alors que l'action de ces matières oxidées doit être aidée par le courant d'air qu'on dirige sur le métal, qui de son côté est couvert de charbons embrasés. Lorsqu'on opère dans le four pudling, il est nécessaire qu'à la dernière période du travail, il entre de l'air atmosphérique dans le foyer.

L'oxigène de l'air détruit la combinaison du fer avec le carbone d'une manière très-remarquable. Il ne combure que celui qui se trouve à la surface du métal. Mais le carbone renfermé dans l'intérieur, se remettant toujours en équilibre dans toute la masse, arrive successivement à la surface, où il se trouve brûlé, soit par l'action du courant d'air, soit par celle de l'oxidule naissant.

Digitized by Google

1222. En jetant un dernier coup-d'œil sur les différens procédés d'affinage au charbon de bois, nous reconnaîtrons qu'ils ne varient essentiellement que selon la nature des fontes employées. Par les uns on ne traite que des fontes blanches, loupantes ou appauvries en carbone, qu'on peut affiner sans aucune préparation. Par les autres on travaille sur des fontes riches en carbone, et devenant très-liquides à la première fusion : on est donc obligé de les préparer à l'affinage en les refondant, soit dans des foyers séparés, soit dans le feu même où se termine l'opération. La meilleure méthode qu'on puisse suivre est celle qui consiste dans l'emploi d'une fonte très-loupante, si toutefois elle peut donner de bon fer, sans opération préparatoire ; elle occasionne évidemment la moindre dépense en combustible. Il est bien entendu cependant que l'économie de charbon, produite au feu d'affinerie, doit égaler au moins, ou même surpasser le surcroît de dépenses en matières premières qu'entraîne la production de cette espèce de fonte loupante et appauvrie en carbone.

Lorsqu'on est obligé de préparer le fer cru pour l'affiner au charbon de bois, on ne peut guères espérer d'introduire un perfectionnement radical dans les méthodes suivies. La principale économie s'effectue par une stricte surveillance exercée sur l'emploi des matières premières. Il semble toutefois qu'on peut encore améliorer ces méthodes en gagnant du temps ; il faudrait donc convertir la fonte grise en fonte blanche caverneuse qu'on affinerait très-rapidement, et séparer du travail de l'affinage les opérations qui sont nécessaires pour étirer le fer en barres de différentes dimensions.

Le bon fer obtenu au charbon de bois par les anciennes méthodes, est jusqu'à présent plus fort et plus tenace que le fer affiné à la houille. Cependant les nouveaux procédés se perfectionnent tous les jours, et peut-être n'est-on pas

Digitized by Google

éloigné de l'époque où les fers pudlés pourront, sous le rapport de la qualité, rivaliser avec les fers obtenus au charbon de bois. On peut l'espérer avec d'autant plus de raison que l'affinage au four à réverbère repose sur les meilleurs principes: il procure d'ailleurs une immense économie de temps, permet une grande fabrication, et présente en outre l'avantage de convertir en fer médiocrement bon, des fontes impures qui, traitées au charbon de bois, fourniraient des produits détestables. On peut donc prévoir avec assez de certitude, que les anciennes méthodes ne se pratiqueront par la suite que dans les pays qui ne peuvent se procurer de la houille à des prix modérés.

1223. Les essais nombreux qu'on a faits pour se servir du coke dans les feux d'affinerie ont toujours donné un fer rouverin. On a été réduit à employer le coke conjointement avec le charbon de bois, en suivant un procédé semblable à la méthode décrite au paragraphe 1193. On faisait fondre le fer cru avec le coke, on soulevait la masse une seule fois, ou bien, on lui enlevait son carbone par une addition d'oxide; on retirait ensuite du foyer les morceaux demi-affinés, pour les traiter au charbon de bois, dans un autre feu d'affinerie, ainsi qu'on le pratique par la méthode suédoise relatée au même paragraphe. Le fer devenait assez bon, mais le travail était long et dispendieux. Il faut d'ailleurs beaucoup d'adresse et d'expérience, pour traiter la fonte avec le coke, parce qu'elle reste trop liquide, qu'elle change difficilement de nature, et qu'elle finit même par s'oxider ou se convertir entièrement en scories. Un vent fort ne fait que hâter la fusion : on doit donner beaucoup de vent sous une faible pression *.

* Dans quelques usines du pays de Galle, on affine encore au coke le fer qui doit servir à la fabrication de la tôle non destinée pour la mise

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE DANS LES FOURS A RÉVERBÈRE.

1224. La mauvaise qualité du fer obtenu dans les feux d'affinerie alimentés avec du coke, la grandeur du déchet et les besoins de bois, qui vont en augmentant tous les jours, ont excité les anglais à chercher un autre mode d'affinage pratiquable avec le charbon de terre. On vit déjà dans le 17[e] siècle, des propriétaires d'usines obtenir une patente pour affiner le fer avec la houille; mais ce n'est qu'au milieu du 18[e] qu'on parvint à se passer entièrement de charbon végétal. Voici le procédé suivi à cette époque :

On fondait le fer cru avec le coke dans des feux d'affinerie ordinaires, en y jetant des laitiers riches; on soulevait la masse fondue, on la présentait au courant d'air et l'on retirait ensuite du feu les morceaux séparés pour les bocarder et en faire le *stamp-iron* *. Ce produit intermédiaire se traitait dans des creusets qui pouvaient en contenir 30 à 38 kilog., et qu'on plaçait dans un four à réverbère pourvu d'une sole horizontale et chauffé avec la

---

au tain. Le fer cru est passé d'abord dans la finerie, et le fin métal se traite ensuite au coke dans des foyers semblables à nos feux d'affinerie. Il reçoit dans ces feux un premier degré d'affinage, en sorte qu'il puisse être aplati en gâteaux sous le gros marteau. On achève ensuite de l'épurer dans des fours chauffés aussi avec du coke, dont la combustion est activée par des soufflets : on donnera au paragraphe 1259 la description de cette espèce de foyers. Les gâteaux se placent sur une barre de fer aplatie à l'une de ses extrémités et de manière qu'ils soient entièrement préservés du contact avec le combustible : ils ne sont exposés qu'à l'action de la flamme et du courant d'air. Dans le feu d'affinerie, le jet d'air est horizontal.

Lorsque la tôle doit être étamée, le fin métal s'affine toujours au charbon de bois. Le T.

* Il parait que l'on exposait ce fer bocardé à l'action de l'air et de l'eau pour en oxider la surface. Le T.

houille. Le fer, élevé jusqu'à la température de la fusion et entretenu quelque temps à ce degré de chaleur, était porté sous le marteau, cinglé, et chauffé de nouveau dans un autre four pour être étiré en barres. Obtenu de cette manière, il se forgeait bien, il était tenace et compact. Mais cette méthode, qui d'ailleurs ne pouvait convenir à une grande fabrication, occasionnait un déchet de plus de 50 pour cent.

1225. L'affinage à la houille crue, dans des fours à réverbère fut inventé par Cort et Parnell, en 1787. Cort se servit d'abord de la fonte de première fusion, telle qu'elle sort du haut fourneau. Les résultats obtenus, très-incertains d'ailleurs, laissèrent encore beaucoup à désirer. Plus tard on essaya de refondre le fer cru au coke dans des feux d'affinerie ordinaires, de faire écouler la fonte et de traiter dans les fours à réverbère les plaques obtenues : ces opérations furent suivies d'un succès complet. Les feux d'affinerie ne servirent dès-lors, qu'à la refonte et à la décarburation du fer cru qui, préparé de cette manière, reçut le nom de fin métal.

1226. Les différens phénomènes que présente le fer par l'affinage dans les fours à réverbère, s'expliquent très-facilement par les propriétés de ce métal soumis aux températures élevées.

La fonte grise bleuâtre qui est peu riche en carbone, et qu'on n'obtient qu'avec des minérais réfractaires, ne s'affine guères par le grillage effectué au contact de l'air. Si l'opération se prolonge long-temps, cette fonte devient ferreuse, et pourtant cassante, ou pour mieux dire, elle se comporte alors comme une substance incohérente; parce que le graphite interposé à l'état libre entre les particules du fer ne peut se mouvoir dans l'intérieur de la masse;

Digitized by Google

comme le fait dans la fonte blanche le carbone combiné, qui, par la nécessité de se mettre en équilibre, se porte continuellement du centre vers la surface où il est comburé. (Voyez les paragraphes 1203 et 1221). Il s'ensuit que par l'action du courant d'air la fonte grise s'oxide à une grande profondeur dans l'intérieur, sans que le graphite soit entièrement détruit. Cette différence essentielle dans les propriétés de ces deux espèces de fer cru, prouverait, faute de preuve directe, que la majeure partie du carbone contenue dans l'une d'elles est à l'état libre. Ainsi par un grillage prolongé, et par un faible accès de l'air atmosphérique la fonte blanche peut se changer en fer ductile, sans éprouver un déchet considérable; tandis que la fonte grise ne perd dans cette opération que la petite partie de carbone combiné: le graphite ne pourrait se brûler entièrement, à moins que l'oxidation ne s'étendît à toute la masse du métal.

Par le contact des scories douces ou d'autres substances qui, dans les températures élevées cèdent leur oxigène, les deux espèces de fonte soumises à une forte chaleur, doivent présenter des effets analogues à ceux que produirait l'oxigène libre de l'air atmosphérique: l'opération sera seulement plus longue, et il n'en résultera point de déchet.

Les changemens que la fonte éprouve par le grillage sont très-lents; mais ils deviennent extrêmement prompts lorsque la température est élevée au point que le métal se ramollit: c'est alors que la décarburation fait les progrès les plus rapides. Il s'ensuit que la fonte blanche qu'on peut maintenir long-temps à l'état mou ou pâteux, doit céder son carbone avec plus de facilité que ne le ferait la fonte grise, qui de l'état solide passe par une transition presque instantanée à l'état liquide.

Lorsque la liquéfaction est entièrement achevée, les deux sortes de fontes doivent se comporter de la même

Digitized by Google

manière, étant *exposées au même degré de chaleur* et soumises à l'influence de l'air ou des scories douces ; l'une et l'autre forment alors des composés parfaitement homogènes. Sous ce rapport l'expérience est d'accord avec le raisonnement. Mais, à la température où s'effectue la fusion complète, l'action de l'oxigène libre sur le fer, est tellement énergique, que la décarburation ne peut s'opérer sans une oxidation simultanée : la masse métallique au lieu de s'affiner, se convertit alors en scories ; tandis qu'à un degré de température moins élevée, elle se décarbure par l'action de l'oxidule de fer qui brûle le carbone à mesure que de l'intérieur de la fonte il se porte vers la surface. Ainsi la fonte parfaitement liquide, ne peut s'affiner par l'influence directe du courant d'air ; on est obligé de la traiter par les scories douces dont l'oxigène ne peut agir que sur le carbone renfermé dans le métal.

Dans le travail de l'affinage la fonte grise liquide doit éprouver par l'oxigène libre une oxidation plus forte que celle qui serait produite sur la fonte blanche liquide ; parce que la première exige une plus haute température pour se fondre, et c'est précisément l'intensité de la chaleur qui favorise l'action de l'oxigène sur le fer. Ces effets sont plus ou moins forts, lorsque le métal se trouve couvert et protégé par une couche de charbons embrasés. Au reste nous avons donné précédemment les raisons par lesquelles les scories douces produisent sur la fonte qui est pâteuse un effet plus grand qu'il ne le serait si elle était entièrement liquide.

La fonte grise, provenant de minérais fusibles, est plus riche en graphite que celle qui a été obtenue avec des minérais réfractaires : grillées seulement, elles se comportent l'une et l'autre de la même manière ; mais à l'état liquide la première s'oxide moins vite, parce qu'elle y arrive à un moindre degré de chaleur. Elle présente en outre

Digitized by Google

l'avantage de pouvoir dans le fourneau se changer en fonte blanche, étant aspergée d'eau : si l'on graduait ensuite la chaleur avec une extrême précaution, on pourrait la maintenir quelque temps à l'état ramolli ou pâteux; mais la moindre variation de température peut la rendre entièrement liquide, ce qui force de la traiter par des scories.

La fonte blanche lamelleuse qui parmi les diverses espèces de fers crus, est la plus facile à fondre, se comporte, étant soumise à la chaleur de la fusion, presque de la même manière que la fonte grise obtenue par des minérais fusibles : elle reste un peu plus long-temps à l'état pâteux; mais le degré de température qui la transforme en cet état, est tellement voisin de celui qui opère la fusion, qu'il serait bien difficile à l'ouvrier de le saisir, et de le conserver assez long-temps. Ainsi cette espèce de fer cru ne convient guères mieux que la précédente pour l'affinage dans les fours à réverbère.

La fonte blanche obtenue par un refroidissement subit contient autant de carbone que la fonte blanche lamelleuse; puisqu'on ne peut blanchir de cette manière que les fontes grises les plus riches en carbone. Il s'ensuit qu'au travail de l'affinage; effectué dans le four à réverbère, ces deux espèces de fontes blanches doivent se conduire de la même manière. On ne peut guères les affiner que par l'emploi des scories; parce qu'il est presqu'impossible de graduer la température avec tant de précision, que le métal, mis à l'état pâteux, ne devienne subitement liquide. On est donc obligé de lui ajouter une grande quantité de ces substances pour prévenir une trop forte oxidation.

La fonte blanche appauvrie en carbone se conduit d'une toute autre manière; elle peut rester long-temps à l'état demi-liquide. On peut donc la décarburer peu à peu par l'action lente de l'oxigène libre, sans avoir besoin de lui ajouter des scories. Moins elle contient de carbone, moins

on doit en craindre l'oxidation; supposé toutefois que le travail s'exécute avec précaution et qu'il ne pénètre pas une trop grande quantité d'air non décomposé, à travers les barreaux de la grille ou par la porte du fourneau. La décarburation de cette espèce de fonte peut donc s'achever en entier par le renouvellement des surfaces.

1227. D'après ce qui précède, il est donc bien prouvé que la fonte la moins propre à l'affinage dans les fours à réverbère, est celle qui exige le plus haut degré de température pour devenir soit pâteuse soit liquide. La fonte blanche lamelleuse et la fonte grise la plus fusible, pourraient à la rigueur se traiter dans ces foyers; parce qu'en les arrosant d'eau on les ramène et on les maintient quelques instans à l'état pâteux: cependant ni l'une ni l'autre ne doivent être traitées sans additions de scories; elles contiennent une trop grande quantité de carbone, dont le départ entraîneraient toujours une perte considérable, s'il ne devait être effectué que par l'action du courant d'air. Le meilleur fer cru qu'on puisse employer dans les fours pudlings, est parconséquent la fonte blanche caverneuse, ou du moins celle qui s'en rapproche le plus possible *.

1228. Dans les considérations que nous avons exposées jusqu'à présent sur l'affinage, il n'a été question que de la séparation du carbone, parce que son départ constitue le but principal de ce travail. Mais le fer cru renferme aussi du phosphore, du manganèse, du silicium, et il contient les deux derniers corps en quantités d'autant plus grandes que, dans les fourneaux à cuve où s'effectuait la réduction des

* Voyez à ce sujet la note que nous avons ajoutée au paragraphe 1218, page 164. Le T.

Digitized by Google

minérais, la chaleur a été plus intense. Eu égard à la présence de ces corps, on voit qu'il ne faut pas employer pour l'affinage dans les fours à réverbère la fonte grise, qui est la moins pure, d'autant plus qu'on ne parvient pas à chasser les substances étrangères, en traitant le métal par les scories, et pourtant on ne peut faire usage d'autres agens. Ainsi la fonte grise subit un déchet considérable par le travail de l'affinage dans les fours pudlings, et elle produit en outre du fer cassant : l'un et l'autre inconvéniens augmentent à mesure que ce fer cru est plus réfractaire.

Le fin métal obtenu dans les fineries, et il faut bien le distinguer de celui qui a été obtenu dans les fours à réverbère, se trouve à la fois appauvri en carbone et débarrassé de la majeure partie du phosphore, du manganèse et du silicium ; par cette raison seule il donne déjà un meilleur fer. De plus par le travail dans le four pudling même, les substances étrangères peuvent être séparées plus facilement de cette fonte blanche, qu'elles ne le seraient de la grise.

1229. Malgré les avantages incontestables qu'offrent les floss caverneux, étant soumis au travail de l'affinage, on trouve encore beaucoup d'usines, où l'on traite dans les fours à réverbère de la fonte grise ou mêlée, telle qu'on la reçoit des hauts fourneaux. Cette manière de procéder doit paraître d'autant plus extraordinaire, qu'elle ne présente aucune économie, ni sous le rapport du temps, ni sous celui des matières premières ; on pourrait même dire que les dépenses s'accroissent, avec la mauvaise qualité du produit. Cette conduite singulière, si opposée aux véritables intérêts des propriétaires de forges, ne peut s'attribuer qu'à la facilité avec laquelle l'ouvrier exécute l'affinage de la fonte grise ou mêlée, *quand il fait usage des scories.* Le traitement du fin métal sans aucune addition de sub-

Digitized by Google

stances oxidées exige de la part de l'affineur beaucoup plus d'habitude et de prestesse; le fer n'étant pas protégé par une couche de ces substances contre l'action de l'air affluent, peut s'oxider en grande partie, si l'ouvrier manque d'ardeur ou d'habileté. Les fautes commises pendant le travail entraînent donc des pertes plus considérables, et font disparaître les avantages que présente l'emploi de cette espèce de fer cru.

D'après ce qui précède, on peut donc admettre, deux méthodes d'affinage dans les fours à réverbère, bien distinctes l'une de l'autre; par la première, on traite la fonte blanche caverneuse ou le fin métal; par la deuxième, on affine au moyen des scories les diverses espèces de fontes riches en carbone, nous l'appellerons pour cette raison *l'affinage par additions de scories.*

Nous venons d'exposer toute la théorie de l'affinage dans les fours à réverbère. On doit reconnaître que le traitement du fin métal constitue sous tous les rapports un excellent procédé, par lequel on peut obtenir de très-bon fer, si la fonte provient de minérais de bonne espèce *et rendus en même temps très-fusibles.* Quant aux avantages pécuniaires qui peuvent en résulter, ils dépendent du prix de la houille; mais ils s'accroissent considérablement par l'habileté des ouvriers.

1230. On a nouvellement essayé en Angleterre, de faire passer la flamme du four pudling, dans un deuxième four à réverbère, construit au-dessus du premier; de manière que la sole de l'un est mise en communication avec la voûte de l'autre, par un canal qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté. Dans le four supérieur on chauffe le fer jusqu'à ce qu'il passe à l'état pâteux, pendant qu'on affine dans l'autre le fer chauffé précédemment. Quelque bon que paraisse ce moyen d'utiliser la chaleur perdue, il a

Digitized by Google

trouvé peu d'imitateurs; il doit être difficile de faire passer dans le fourneau pudling la fonte ramollie. Espérons toutefois que l'idée première qui a fait naître cette construction, ne tombera pas dans l'oubli. Il serait déjà fort avantageux, qu'on pût employer la chaleur perdue pour chauffer le fin métal au rouge, ou pour le griller de cette manière; dût-on le porter ensuite à un moindre degré de chaleur dans le four pudling *.

1231. Les fours à réverbère employés pour l'affinage de la fonte au moyen de la houille, ne diffèrent guère des fours à réverbère qui servent seulement à refondre le fer cru. La sole, qui est presque horizontale, n'offre du côté opposé à la grille, qu'une très-légère pente pour l'écoulement des scories. Le pont doit avoir 24 à 26 centimètres de hauteur, afin qu'il puisse protéger le métal contre l'influence directe de l'air non décomposé qui traverse la grille.

Le rapport entre l'aire de la grille et celle de la sole est souvent plus grand que pour les fours à réverbère qui servent à refondre le fer cru; parce que dans les fours d'affinerie on est obligé de donner vers la fin de l'opération un coup de feu des plus violens; l'épuration du métal s'achève d'autant mieux qu'on élève davantage la température à la dernière période de l'affinage.

On adapte à l'extrémité supérieure de la cheminée un registre, pour modifier le courant d'air pendant le travail

* Nous ne pouvons partager cette opinion de M. Karsten: le fin métal est suffisamment décarburé en sortant du foyer d'affinerie; souvent même il l'est trop, au point que les pudleurs s'en plaignent, à cause de la difficulté qu'ils éprouvent à le travailler au four pudling. (Voyez la note du paragraphe 1218.) Le grillage, lors même qu'il serait effectué avec la chaleur perdue, n'aurait donc aucune utilité, si l'on ne pouvait employer le fin métal avant qu'il ne fût refroidi. Le T.

Digitized by Google

et même pour l'intercepter entièrement à certaines périodes. Anciennement on lui ouvrait une issue au-dessus de la chauffe, mais on perdait beaucoup de chaleur, l'affinage devenait plus long, plus coûteux sous le rapport de la consommation du combustible, et cette disposition offrait en outre le vice radical de laisser encore à l'air et à la flamme un libre passage dans le foyer.

On doit, comme dans les fours à réverbère ordinaires, empêcher que l'air ne pénètre dans la chauffe au-dessus de la grille.

La porte du travail doit pouvoir se lever et s'abaisser facilement, et joindre très-bien pour intercepter le passage de l'air; elle est percée à son milieu d'une ouverture carrée de 13 centimètres de côté qu'on peut aussi fermer, et par laquelle on introduit les ringards dans le foyer pour braser le métal.

On ménage dans la porte un petit trou circulaire ayant 26 millimètres de diamètre et par lequel on peut reconnaître l'état du métal qui se trouve dans le foyer.

1232. Nous allons entrer dans quelques détails sur la construction des cheminées; elles forment une des parties les plus essentielles des fours à réverbère. On ne donne en général à celles des fours pudlings qu'une hauteur de 10 à 13 mètres, et quelquefois elles sont encore moins élevées. Cependant au moyen de cheminées très-hautes, on peut élever la chaleur rapidement, et travailler alors plus long-temps, lorsque les registres sont fermés, avant qu'on n'ait besoin de les ouvrir. Mais on est obligé de les construire avec d'autant plus de soin, qu'elles doivent être plus hautes, parce que le tirage en devient plus fort et qu'elles ont à supporter une chaleur plus intense. Lorsque la cheminée se rompt par l'effet de la dilatation, ou que le registre ne peut fermer exactement, il en résulte des jours très-

Digitized by Google

préjudiciables à la marche du travail. Quelle que soit alors l'activité des ouvriers, ils ne peuvent empêcher que le déchet ne s'accroisse et qu'il ne devienne d'autant plus grand que la cheminée se trouve plus haute.

Nous avons déjà parlé à la quatrième section des fondations, et du mur extérieur des cheminées, cependant nous observerons expressément que le mur extérieur de celles des fours pudlings, devrait être construit en briques réfractaires, à moins qu'elles ne fussent d'un prix très-élevé; dans ce cas on les remplacerait avec de bonnes briques ordinaires, confectionnées avec beaucoup de soin. Quant aux parois intérieures, il est de toute nécessité qu'elles soient construites avec les briques réfractaires, qui d'ailleurs ne doivent pas être liées entr'elles avec un mortier à chaux. Il faut éviter aussi que les joints du mur extérieur soient trop épais : le mortier employé devrait avoir la propriété d'acquérir à l'air une dureté semblable à celle des briques.

On a l'habitude de placer deux fourneaux à chaque cheminée, par raison d'économie; dans ce cas elles ont des formes rectangulaires. Leurs sections seraient carrées, si elles ne devaient recevoir que la flamme d'un seul foyer. Les deux fours à réverbère peuvent être accolés l'un à l'autre, et aboutir à la grande face de la cheminée, ainsi qu'on le voit par les Fig. 1 jusqu'à 12, Pl. VII; ou bien les fours se correspondent, et se trouvent placés chacun contre une des petites faces de la cheminée (Fig. 13, 14, 15, 16, 17 et 18). Par la première des dispositions que nous venons de citer, les deux fours peuvent avoir un mur latéral commun, ce qui procure une légère économie; mais le choix qu'on pourrait faire entre ces deux manières de placer les fours à réverbère, se trouve le plus souvent déterminé par l'espace dont on dispose.

Il est évident que les cheminées doivent, pour raison

Digitized by Google

de solidité, recevoir plusieurs retraites ou bien une forme pyramidale. Il faut que le vide intérieur n'ait guères moins de 47 centim. en carré: s'il était plus petit, on serait gêné, pour renouveler les parois intérieures. Anciennement les murs extérieurs des cheminées reposaient immédiatement sur les fondations, de la même manière que celles des fours à réverbère qui servent à refondre le fer cru; mais aujourd'hui on établit sur les fondations des piliers ou colonnes creuses qui supportent toute la cheminée. La Pl. VII en offre des exemples. Ce genre de construction dont les détails peuvent varier, permet de placer le four à réverbère sous la cheminée, tandis qu'anciennement on était obligé de les mettre l'un à côté de l'autre et de les faire communiquer ensemble par un canal ou rampant assez alongé. Cette amélioration a fait ménager beaucoup d'espace dans les usines.

1233. En disposant d'excellens matériaux et de bons ouvriers, on pourrait à la rigueur se dispenser, dans la construction des cheminées, de placer des tirans en fer; dans ce cas, il serait nécessaire que le mur extérieur fût séparé du mur intérieur par un remplissage; mais on fait toujours mieux de consolider la maçonnerie par des tirans et des barres qui la traversent et l'enveloppent. Nous avons déjà parlé dans la quatrième section d'un système de tirans dont les têtes sont retenues par des barres longitudinales, qui s'appliquent sur les faces extérieures du mur. Ce moyen de consolidation est indiqué par les Fig. 13, 14, 15, 16, 17 et 18, Pl. VII: Les angles de cette cheminée sont construits en pierres de taille; voici du reste l'explication de cette planche:

Fig. 13. Face antérieure du pied de la cheminée; *aa* sont des ouvertures qu'on peut fermer et par lesquelles on pénètre au-dessous du rampant pour faire sortir les scories que de temps à autre on pousse en dehors du foyer.

Digitized by Google

Fig. 14. Petite face de la partie inférieure de la cheminée; l'ouverture *b* est l'embouchure du rampant.

Fig. 15. Coupe dans le sens de l'axe des fourneaux. *c*, *c*, *c* indiquent les tirans.

Fig. 16. C'est une coupe dans le sens perpendiculaire à l'autre.

Fig. 17. Section horizontale, prise à la hauteur AB.

Fig. 18. Section horizontale, prise à la hauteur CD.

Un autre genre de construction est représenté par les Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, Pl. VII. Les quatre coins de cette cheminée sont garnis avec des plaques angulaires *a*, *a*, placées debout; elles se trouvent retenues soit par d'autres plaques *b* qui couvrent les différentes retraites, soit par des bandes en fer *c*, *c* appliquées au milieu de la distance qui sépare deux retraites successives. Non-seulement les plaques *b* servent à consolider tout le système, mais aussi à garantir la cheminée des eaux pluviales qu'elles rejettent en dehors.

La dernière de ces plaques, celle qui se trouve à l'extrémité supérieure de la cheminée, sert aussi de châssis pour le registre : nous allons expliquer les dessins.

Fig. 1. Grande face de la cheminée; les espaces R, R compris entre les piliers, sont murés sur les deux petites faces et sur l'une des grandes; à celle qui est opposée à cette dernière, se trouvent adossés les deux fourneaux.

Fig. 2. Petite face de la cheminée.

Fig. 3. Coupe perpendiculaire aux petites faces; cette coupe fait voir les deux vides intérieurs, et le mur qui les sépare.

Fig. 4. Disposition des marâtres sur lesquelles repose la cheminée.

Fig. 5. Section horizontale sur la ligne GH. (Voyez pour GH la Fig. 1.)

Fig. 6. Section horizontale selon FE. (Voyez pour FE

Digitized by Google

la Fig. 2 et 3.) Ce plan est pris immédiatement au-dessus des marâtres ; on y voit aussi la coupe des plaques engulaires qui enveloppent les coins.

Fig. 7. Section horizontale selon CD, avec la projection de la face supérieure d'une plaque de retraite *b* et la projection des liens *c*, *c*, *c*.

Fig. 8. Section horizontale suivant AB. P représente la projection de la face supérieure d'une plaque de retraite, et Q celle de la face inférieure.

Fig. 9. Plan de la dernière plaque placée au-dessus de la cheminée, P est la projection prise au-dessus, et Q la projection prise en-dessous.

Fig. 10. Dessin détaillé des liens *c*.

Fig. 11. Projection verticale de l'une des grandes faces de l'extrémité supérieure de la cheminée.

Fig. 12. Projection verticale de l'une des petites faces de l'extrémité supérieure de la cheminée. Le registre (damper) est lié à la petite branche du lévier; la grande branche communique avec une tringle en fer, qui descend jusqu'à une petite distance du sol de l'usine : c'est au moyen de cette tringle qu'on peut lever ou abaisser le registre.

1234. Les fours à réverbère dont les murs étaient anciennement assez épais, se construisent maintenant à la manière des cubilots. On n'emploie qu'une simple maçonnerie de briques réfractaires qui se trouve placée dans une enveloppe en fonte, composée d'un système de plaques. Les briques n'ont que 24 centimètres de longueur; elles doivent être d'une bonne qualité, surtout celles qu'on emploie pour la construction du rampant, du pont ou de la voûte.

On est peu d'accord en général sur la forme qu'il faut donner à la sole; cependant les variations qu'on observe

Digitized by Google

sont peu importantes: selon la qualité de la houille, on doit alonger ou élargir le foyer, hausser ou baisser la grille. Ce que nous avons dit des fours à réverbère servant à la refonte du fer cru (978), s'applique aussi aux fours pudlings; le rapport de la section du rampant à la surface de la grille, doit être tel que le foyer soit uniformément échauffé sur tous les points. Une répartition inégale de la chaleur est la preuve d'une différence de vitesse du courant d'air, ce qui ne peut manquer de produire un mauvais effet dans le travail de l'affinage; parce qu'il est nécessaire que le fer arrive à la fois au degré de décarburation voulu. La porte du foyer ne doit pas correspondre au milieu de la sole. On l'éloigne un peu plus de la grille et on la rapproche du rampant; parce que la chaleur finit toujours par devenir un peu plus intense de ce côté, lorsque le travail dure long-temps. Il faut que le pont soit assez élevé, pour qu'on puisse à une certaine époque dérober le fer au rayonnement direct de la chaleur, en le rapprochant de la grille.

Le pont ne devrait jamais avoir une hauteur moindre de 24 centimètres. Quelques fours pudlings sont pourvus d'une deuxième porte établie entre la première et le rampant; elle reste fermée pendant le travail, on ne l'ouvre qu'au moment où les loupes sont prêtes à être retirées du foyer. On introduit alors par la deuxième porte une nouvelle charge de plaques ou de fin métal; on gagne de cette manière 10 à 12 minutes, temps employé pour vider le fourneau. Dès qu'on a fini de faire sortir du foyer les loupes, on pousse au milieu de la sole les plaques qui sont alors parvenues à la chaleur rouge: cette disposition est fort avantageuse.

La sole qui reposait anciennement sur une voûte massive est supportée à présent par des plaques en fonte.

Digitized by Google

1235. C'est d'ordinaire en sable qu'on forme la sole des fourneaux pudlings; cependant on affine dans quelques usines sur des plaques de fonte, qui ont 9 à 10 centim. d'épaisseur et qui reposent sur des traverses, de la même manière que les plaques moins épaisses qui supportent les soles en sable. Les soles en fonte se composent de trois pièces qui ont une longueur de $2^m,20$ à $2^m,50$, et dont la largeur est de $0^m,40$ à $0^m,50$. On les couvre avec une couche de scories pulvérisées, et on introduit le fin métal dans le four, lorsque ces scories entrées en fusion constituent une pâte demi-liquide *.

Le sable avec lequel on confectionne la sole doit être pur ou quartzeux; on fait bien de le laver, s'il n'est pas d'une pureté parfaite. On doit éviter celui qui, à la chaleur ordinaire du fourneau d'affinage se fond en pâte ou même celui qui serait disposé à se fritter fortement ou à se fendre. La couche de sable qui constitue la sole doit avoir $0^m,20$ à $0^m,26$ d'épaisseur; on l'applique sur des plaques en fonte, qui elles-mêmes sont soutenues par des traverses. Lorsqu'une sole sert pour la première fois, on la couvre de

* Dans la majeure partie des usines françaises, l'affinage aux fours pudlings se fait sur des soles en fonte. En Angleterre j'ai vu travailler tantôt sur sable et tantôt sur fonte. Plusieurs maîtres de forges de ce pays m'ont assuré que la qualité du fer est meilleure quand on emploie la première de ces deux méthodes; quant au déchet, ils conviennent qu'en affinant sur fonte on économise deux pour cent de métal; mais ils prétendent qu'on en perd ensuite 3 à 4 pour cent de plus dans le four de chaufferie; attendu que le fer affiné sur fonte n'est pas aussi bien soudé que celui qui est affiné sur sable. Les ouvriers sont tous prononcés contre le pudlage sur sable. Ils lui attribuent toutes sortes d'inconvéniens et de défauts; parce que leur travail en devient plus pénible. On conçoit effectivement que le ringard doit glisser plus facilement sur une plaque de fonte que sur une sole de sable, qui exige plus de ménagemens et qu'on est d'ailleurs obligé de renouveler plus souvent. Le T.

scories pulvérisées sur une épaisseur de 1 ½ à 2 centimètres : on la chauffe ensuite et on l'aplanit avant d'y poser le fin métal. Elle peut durer plusieurs semaines avant d'avoir besoin d'être renouvelée; cependant il faut la réparer après chaque opération, remplir les cavités avec du sable pur. Une sole fraîche chauffée de manière que la couche de scories dont elle est couverte soit mise en fusion, doit résister au ringard comme un corps dur.

Le fer cru qui contient encore beaucoup de carbone attaque la sole plus fortement que ne le fait le fin métal ou la fonte caverneuse qui est décarburée en partie.

1236. La sole est tantôt concave vers le milieu; tantôt elle est parfaitement plane et horizontale ; quelquefois elle reçoit une légère pente vers le rampant pour favoriser l'écoulement des scories : on s'en débarrasse aussi, en ménageant sous le rampant une ouverture, une espèce de chio.

Quand on affine par des additions de scories, la sole reçoit toujours la forme de coquille; après que l'affinage est terminé on retire alors par la grande porte, avec un râble, les laitiers qui se forment en grande quantité, ou bien on les fait écouler par une ouverture pratiquée en dessous de cette porte.

La charge ordinaire est de 150 à 175 kil. de fin métal ; mais des ouvriers habiles et forts peuvent en affiner à la fois 200 kil. Depuis peu de temps, on a construit en Angleterre des fourneaux de plus grandes dimensions pourvus de deux portes de travail, et recevant à la fois 350 kil. de fin métal : ils sont desservis par un nombre double d'affineurs. On prétend qu'il en résulte une grande économie de combustible; cependant il faut encore attendre que cette innovation, qui présente de nombreux inconvéniens, soit soumise à la sanction de l'expérience.

Digitized by Google

1237. Nous allons donner le dessin d'un fourneau pudling tel qu'on les trouve en Angleterre, à peu de changemens près, dans presque toutes les usines.

La figure 3 représente l'élévation du fourneau ainsi que la coupe en lignes ponctuées; la Fig. 4, le plan, et la Fig. 5, l'élévation du côté de la grille.

Les plaques en fonte qui forment le revêtement sont assemblées à vis et consolidées par des barres de fer. Les deux grandes faces ont chacune quatre plaques, la petite n'en a qu'une. Quelquefois aussi les grandes faces latérales sont couvertes de deux plaques seulement.

La cheminée qui a de 9^m à 12^m de hauteur, repose sur des supports en fonte; l'épaisseur du mur réfractaire est en général de 23 centimètres. La grille, qui est de 47 centimètres au-dessous du côté supérieur du pont, se compose de dix barreaux. Le cendrier a $1^m,10$ de hauteur; il se trouve creusé de $0^m,63$ en terre. La distance de la face supérieure du pont à la voûte est de $0^m,26$; cette dernière s'abaisse vers le rampant.

Deux pièces de fonte (*a*), assujetties par vis aux plaques de revêtement, supportent conjointement avec deux maratres en fer forgé, les plaques de la sole qui ont 2 $\frac{1}{2}$ centim. d'épaisseur. La couche de sable a 23 centim. d'épaisseur à l'endroit le plus faible : on est obligé de la renouveler toutes les semaines; sa forme est concave vers le milieu. Le pont s'élève de 26 centimètres au-dessus de la sole. Le trou des scories *b* est pourvu à son embouchure d'une feuille de tôle *c*; afin qu'on puisse entretenir un feu de charbon devant cette ouverture: on enlève cette feuille de tôle quand on fait écouler les scories.

L'embouchure du rampant a 31 centim. de largeur et autant de hauteur: on diminue la dernière de ces dimensions avec du sable jeté devant cette ouverture, lorsqu'on met le fourneau en activité, en sorte qu'elle se trouve

Digitized by Google

réduite à 22 centim. On peut traiter à la fois de 150 à 200 kil. de fin métal *.

* Les fourneaux d'affinage qu'on trouve en Angleterre dans les nouveaux établissemens, s'éloignent par leur forme de celui dont on a donné la description et le dessin (Pl. VIII, Fig. 3 et 4). Nous remarquerons d'abord que la longueur de la grille dépasse la largeur de la sole, ce qui est vicieux : le ventre du fourneau n'est pas assez prononcé, et les deux lignes *mn* et *pq* sont concaves en dedans ; ce qui empêche l'ouvrier d'atteindre avec son ringard, à tous les points du foyer : la porte du travail est d'ailleurs trop petite. Le rapport de la surface de la sole à celle de la grille paraît être $\frac{370}{100}$: mais l'excès d'étendue donné à la sole, semble compensé par le surbaissement de la voûte ; car l'aire de la grille doit se déterminer plutôt par la capacité du foyer, que par la superficie de la sole. Quoi qu'il en soit des observations qu'on vient de hasarder, nous offrons à nos lecteurs les dessins détaillés et cotés (Pl IX, Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7) d'un four pudling pourvu d'une sole en fonte sur laquelle s'effectue l'affinage. La Fig. 1 en est le plan ; la Fig. 2 une coupe longitudinale ; la Fig. 3 l'élévation prise du côté de la porte du travail ; la Fig. 4 l'élévation de la partie inférieure de la cheminée du côté de l'écoulement des laitiers ; la Fig. 5 l'élévation du fourneau du côté de la grille ; la Fig. 6 le détail de la coulisse de la porte du travail ; la Fig. 7 enfin, le détail de la porte garnie intérieurement de briques réfractaires : les cotes sont en centimètres.

Ce fourneau revêtu de plaques qui l'enveloppent en entier (voyez le plan Fig. 1), est à double maçonnerie. Le mur réfractaire a 24 centimètres d'épaisseur ; c'est la longueur d'une brique : l'épaisseur du mur extérieur est aussi de 24 centimètres sur le derrière du fourneau, mais sur le devant elle varie. Ce dernier mur est inutile sous le rapport de la solidité ; on pourrait le supprimer sans faire de changemens notables au ferrement : il n'a été conservé que dans le but de prévenir une trop grande perte de chaleur ; mais cette considération ne nous paraît pas bien fondée.

Le rapport de l'aire de la sole à celle de la grille est $\frac{280}{100}$. Il existe des fourneaux dans lesquels ce rapport est un peu plus grand : on pourrait le rendre égal à $\frac{300}{100}$, si la houille était d'une très-bonne qualité, ou bien si l'on diminuait la distance de la sole à la voûte.

La sole qui est entièrement plane a 2 mètres de longueur dans œuvre ; on pourrait lui donner $2^m,20$, si la houille était très-grasse et qu'elle fournît une longue flamme : sa forme assez indifférente en elle-même, n'est motivée que par la facilité qu'il faut procurer à l'ouvrier pour son

Digitized by Google

1238. Il résulte de notre théorie de l'affinage dans les fours à réverbère, que la fonte ne subit pas des change-

travail ; il importe qu'avec son ringard il puisse atteindre à tous les points du foyer. C'est par cette raison que la ligne AB est droite vers le milieu et qu'elle se termine par deux courbes dont la convexité est tournée en dedans : c'est encore par la même raison qu'on rabat l'angle E formé par le pont et la face CD ; mais au-dessus du pont le fourneau reprend la largeur EG qui est égale à la longueur de la grille : la sole se compose de deux ou trois pièces entaillées à demi-épaisseur : elle se trouve à 12 centim. au-dessous du niveau inférieur de la porte (voyez les Fig. 2 et 3) : si elle était plus basse le travail serait incommode. On la place souvent au niveau de la porte quand on traite des fontes non décarburées ; mais au lieu de la rendre plane, on lui donne alors la forme d'une coquille : la matière devenant dans ce cas très-liquide se rassemble dans la cavité.

Le pont, Fig. 2, s'élève au-dessus de la sole de 27 centimètres ; mais cette hauteur se trouve réduite à 24 ou 25 par la couche de scories pulvérisées qui est nécessaire pour empêcher les plaques d'entrer en fusion : on donne à cette couche 2 ou 3 centimètres d'épaisseur.

Près de l'échappement (F), la hauteur de la voûte sous clef est de 41 centimètres (Fig. 2), mais on la diminue de l'épaisseur d'une ou de deux briques posées à plat vers cet endroit, pour prévenir la sortie des matières liquides. Au milieu de cette espèce de digue qui sépare du rampant le foyer, se trouve une rigole. En la débouchant le pudleur pousse en dehors les scories qui le gênent dans son travail. Le rampant plonge fortement et la voûte suit la même pente, afin que le fourneau soit mieux fermé, et que les scories qui s'écoulent soient suffisamment échauffées. On les maintient d'ailleurs à l'état liquide, en faisant brûler de la houille dans le petit espace compris entre le mur réfractaire L et la feuille de tôle K qu'on peut aussi remplacer par quelques barres de fer assemblées en forme de grille (Fig. 2 et 4). La porte du travail (Fig. 7) est revêtue intérieurement de briques réfractaires ; elle a 51 centim. de largeur, et l'ouverture qu'elle ferme est de 44 cent. ; elle la dépasse donc de chaque côté de 3 $\frac{1}{2}$ centim. La distance des coulisses est de 54 centim. ; il reste par conséquent un jeu de 1 $\frac{1}{2}$ centim. de chaque côté.

L'ouverture de la chauffe est évasée en dedans et en dehors, afin qu'on puisse répandre la houille sur toute l'étendue de la grille.

Les parois intérieures de la cheminée sont en briques réfractaires. La chemise extérieure est construite en briques communes. Les deux murs

Digitized by Google

mens très-prononcés, tant qu'elle se trouve à l'état solide et dur. Nous avons vu en outre, que l'affinage ne peut s'effectuer par l'influence de l'air atmosphérique, que dans le cas où la fonte est susceptible de devenir molle ou pâteuse; que le courant d'air dirigé sur la fonte entièrement liquide, produit la combustion ou l'oxidation du métal, au lieu d'en effectuer la décarburation. Il s'ensuit qu'on peut donner un coup de feu très-violent, et ouvrir la cheminée en entier, avant que la fonte ne soit ramollie ou, si l'on opère par additions de scories, avant qu'elle ne soit devenue entièrement liquide. Parvenu à ce point, on doit tantôt diminuer, tantôt intercepter le courant d'air, en fermant les registres : au reste il pénètre toujours dans le foyer, par les différentes ouvertures, une certaine quantité de ce fluide. En traitant une fonte grise ou fortement carburée, on ne pourrait empêcher qu'elle ne devienne entièrement liquide : dans ce cas, il faudrait que la quantité de scories nécessaire pour l'affinage fût d'abord formée par l'oxidation du métal, si on ne l'introduisait pas dans le foyer en même temps que la fonte. Quand on suit ce procédé, il n'est donc pas indispensable de régler le courant d'air avec tant de précaution, parce qu'il n'agit pas d'une

---

sont séparés entr'eux par un espace de 4 centim. qu'on peut laisser vide ou qu'on remplit avec des matériaux concassés; mais, dans tous les cas, on est obligé de placer de mètre en mètre une brique dans ce vide, ou pour mieux faire, on laisse dépasser une brique du mur réfractaire de manière qu'elle traverse l'espace vide et qu'elle pénètre dans le mur enveloppant. L'intérieur de la cheminée a 46 centim. en carré et elle conserve cette dimension jusqu'à son extrémité supérieure; mais près du rampant elle n'a que 32 centim. La hauteur totale est de 11 mètres. A la dernière retraite, ou bien à une hauteur de 9 mètres, on supprime l'enveloppe extérieure et l'on donne alors au mur réfractaire une épaisseur égale à la longueur d'une brique.

Le ferrement du fourneau et celui de la cheminée sont indiqués par le dessin; les pièces principales portent des cotes. Le T.

Digitized by Google

manière très-désavantageuse à la première période du travail.

Il est essentiel que la grille soit toujours bien couverte de houille. Si par suite de la combustion on laisse trop diminuer l'épaisseur de la couche de combustible, on est obligé d'en introduire à la fois une trop grande charge dans la chauffe, ce qui refroidit le foyer. Par ce défaut d'attention, on facilite d'ailleurs à l'air non décomposé le passage à travers les barreaux de la grille; il en arrive une trop grande quantité, et il s'ensuit une forte oxidation. Quelqu'épaisse que soit la couche de houille, le foyer reçoit encore plus d'air qu'il ne serait nécessaire pour l'affinage. Il importe donc que le chargement s'effectue souvent, et avec la plus grande rapidité; afin que toute la grille reste toujours encombrée de charbons incandescens, surtout aux époques où l'on est obligé de brasser le métal, d'ouvrir la porte du travail et de fermer le registre. Ce serait suivre un très-mauvais procédé que de vouloir rafraîchir le foyer, lorsqu'il y règne une chaleur trop intense, en laissant consumer le charbon qui est sur la grille; on parvient plus sûrement à son but, en projetant de l'eau sur le métal.

1239. La différence qui existe entre le travail de l'affinage effectué par le courant d'air, et celui de l'affinage opéré par des additions de scories, n'a lieu que pendant la première période. La fonte blanche riche en carbone, et la fonte grise, sont amenées par l'action des scories, à l'état où se trouve le fin métal, lorsque suffisamment échauffé et devenu pâteux, il se laisse travailler avec le ringard. Dès que les autres espèces de fontes sont parvenues à cet état, elles se traitent à peu près de la même manière que le fin métal; parce qu'on ne peut achever l'affinage ou rendre complète la décarburation que par

Digitized by Google

l'action de l'air sur la fonte dont il faut renouveler fréquemment la surface. C'est ce brassage continuel de la matière, qui a fait donner aux foyers dans lesquels il se pratique, le nom de *fours pudlings* (*puddling furnaces*).

1240. Quand on opère par additions de scories, ces substances s'introduisent avec le métal dans le fourneau: on tire le registre pour donner un violent coup de feu; on le fait retomber pour fermer la cheminée dès que la fonte devenue molle ou liquide, se laisse travailler soit avec un crochet, soit avec un ringard. On la plonge alors dans le bain de scories, on la brasse dans ces matières sans relâche. Si par une chaleur trop intense, ou par un contenu de carbone très-grand, le métal est devenu très-liquide, on l'arrose d'eau pour le raffraîchir, et fournir aux deux corps de plus nombreux contacts.

Dans quelques usines on a l'habitude de n'ajouter des scories à la fonte grise ou carburée, qu'au moment où elle commence à devenir liquide; afin de la réduire à un état pâteux soit par ces additions soit par l'arrosage avec de l'eau: la décarburation n'en est pas moins effectuée par l'action de ces substances oxidées. Cette manière d'opérer est donc comprise dans la méthode que nous appelons affinage par additions de scories. On obtiendra dans tous les cas un fer moins bon, et l'on subira un déchet plus considérable qu'il ne le serait, si la fonte avait été convertie d'abord en fin métal.

En traitant ce dernier, on bannit l'emploi des scories; leur présence dans le foyer n'est d'aucune utilité, lorsque le fer cru se trouve convenablement préparé. Si faute d'attention, la chaleur devenait trop intense, et que la fonte acquît une entière liquidité, on l'arroserait avec de l'eau; ce serait un moyen plus simple de la ramener à l'état pâteux, et la qualité du fer deviendrait bien meil-

Digitized by Google

leure qu'elle ne le serait si, pour cet effet, on avait employé des scories.

Bien qu'on doive craindre de refroidir le fourneau, en faisant de l'eau un usage trop fréquent, elle constitue pourtant un excellent moyen de donner au métal trop liquide le degré de consistance voulu pour en accélérer et compléter la décarburation. Il existe un autre moyen de favoriser l'affinage du fer amené à ce degré de consistance : on laisse entrer une certaine quantité d'air par la porte de la chauffe que, pour cet effet, on débouche à moitié, sans pourtant ouvrir la cheminée en tirant le registre. Il s'établit alors un courant très-doux, d'un air chaud qui, glissant sur la surface du métal, accélère le départ du carbone sans occasionner une forte oxidation.

1241. Quand on traite le fin métal, on le réduit à l'état pâteux par un fort coup de feu qu'on donne tout de suite et qui dure à peu près 20 minutes. De temps à autre, on s'assure de la consistance du fer, en le touchant avec de petits ringards qu'on introduit dans le foyer par la porte du tavail. S'il est encore dur, on referme cette porte, et l'on continue de chauffer jusqu'à ce que la matière devienne pâteuse; on ferme ensuite le registre, et l'on commence le travail de l'affinage.

La fonte grise ou bien la fonte blanche carburée, ne peut acquérir le degré de consistance voulue qu'en passant d'abord par l'état liquide; tandis que la fonte décarburée ou le fin métal y arrive immédiatement.

Quelle que soit du reste la méthode suivie, il est essentiel que la grille soit bien couverte de charbons embrâsés au moment où la fusion se trouve achevée : ce n'est que par ce moyen, que le fourneau peut conserver pendant le travail le degré de chaleur qui lui est nécessaire. Si la chauffe ne renfermait pas assez de combustible incandescent, le

Digitized by Google

fer se refroidirait et l'on serait obligé de fermer le foyer, d'ouvrir la cheminée et de donner un nouveau coup de feu, ce qui ferait accroître le déchet. Pendant tout le travail de l'affinage, on doit au plus réchauffer quatre fois le fourneau, et ces chaudes ne doivent avoir lieu que vers la fin de l'opération.

1242. Lorsque la fonte, quelle que soit du reste sa nature, se trouve à l'état pâteux, on la soulève avec un ringard crochu; on la retourne pour en exposer toutes les parties à l'action de la flamme, et on la répand uniformément sur toute la surface de la sole: pendant ce temps, l'ouverture de la chauffe ne doit pas être entièrement bouchée: on y laisse plus ou moins de jour, selon le degré de liquidité de la matière; mais la cheminée et la grande porte du foyer sont fermées. Ce n'est que pour le travail, pour introduire les outils dans le fourneau, qu'on laisse la petite porte ouverte.

Anciennement on ouvrait la grande porte, pour donner entrée à l'air atmosphérique, et pour faire figer la masse et accélérer l'affinage. Mais cette manière de travailler a été abandonnée, parcequ'elle occasionnait une trop grande perte de métal.

Si au premier soulèvement, le fer est encore trop liquide on l'arrose avec de l'eau pour le rafraîchir. Il est bien rare quand on opère sur le fin métal, qu'on fasse usage des scories douces, à moins qu'on ne veuille utiliser de cette manière les morceaux de scories mêlées de fer qui tombent sous le marteau. Lorsqu'on traite des fontes très-carburées, on est souvent obligé d'ajouter encore des scories à la masse pendant qu'on la travaille.

Après que le métal est répandu sur toute la surface de la sole, on le remue avec un ringard aplati à l'une de ses extrémités, on le divise, on le retourne, on en renouvelle

sans cesse la surface; c'est ce qui constitue le travail de l'affinage proprement dit. Si l'ouvrier est actif et habile, il peut diminuer considérablement le déchet. Le carbone qui s'échappe à l'état d'oxide brûle avec une flamme bleue, et occasionne une assez forte effervescence. La matière devient de plus en plus visqueuse, et sa couleur rouge s'éclaircit à mesure que les jets de flamme paraissent plus rares, et que le bouillonnement diminue. Si la masse devenait trop dure, il faudrait fermer la petite porte du travail, ainsi que l'ouverture de la chauffe, tirer le registre et donner un coup de feu très-rapide; on reprendrait ensuite le travail le plus tôt qu'il serait possible. Quand par l'habileté de l'ouvrier, et par la qualité des matières employées, l'opération suit une bonne marche, ces chaudes ne doivent pas être données pendant la période de l'affinage proprement dit, à moins que ce ne soit au moment où elle approche de sa fin. Cette période est terminée lorsque le métal devient sec et pulvérulent. En cet état il a besoin d'un degré de chaleur très-élevé; afin que ses particules puissent se souder ensemble. La matière passe toujours à cet état pulvérulent, après avoir été si visqueuse et si tenace qu'on ne pouvait la diviser, la tourner, la brasser qu'avec la plus grande peine *.

Les scories qui se forment pendant le travail de l'affinage restent sur la sole, quand on traite des fontes riches en carbone; quand au contraire on opère sur le fin métal, on les pousse vers l'ouverture pratiquée au-dessous du rampant, pour les faire écouler, à moins que, par une

* On conçoit que le métal dont la viscosité augmente à mesure qu'il perd son carbone, doit devenir pulvérulent, lorsque, soumis à un *brassage continuel*, il se change en fer ductile; puisqu'on opère à un degré de température qui ne permet plus aux particules métalliques de se souder ensemble, après que, divisées par le brassage et par l'effervessence de la masse, elles ont été privées de tout leur contenu de carbone. Le T.

légère pente donnée à la sole, elles ne s'échappent spontanément.

La période de l'affinage dure 40 à 45 minutes; l'ouvrier doit travailler pendant ce temps avec la plus grande activité, pour empêcher que le fer qui contient encore beaucoup de carbone ne se prenne en masse.

1243. Dès que la fin de cette période s'annonce par l'état pulvérulent de la matière, il est essentiel qu'on donne une chaude très-intense. Lorsqu'elle a été produite, l'affineur ferme la cheminée, bouche l'ouverture de la chauffe, et procède au soudage de la matière.

Pendant cette dernière période, l'ouvrier doit avoir soin que le fer ne se réunisse en une seule masse; il le divise en plusieurs parties dont chacune doit former une loupe: ce travail exige aussi beaucoup de force et d'adresse. Le nombre des loupes qu'on obtient par chaque opération, dépend de la quantité de métal qui se trouve dans le foyer, et quelquefois aussi du poids que doivent avoir les barres, lorsqu'elles ont une destination particulière: 125 à 150 kilog. de fer cru chargés dans le fourneau, donnent une masse qu'on peut partager en cinq ou six loupes. On fait rouler la dernière sur toute la surface de la sole, afin qu'elle ramasse les morceaux de fer restés épars.

1244. Dans quelques usines, on ne fait pas les loupes dans le fourneau même: on en retire le métal par morceaux informes qu'on porte sous le marteau frontal, dont l'enclume a reçu pour cet effet une forme convenable. Mais dans la plupart des usines, les loupes se font dans le fourneau; on se borne à les comprimer, et on en achève le soudage sous le marteau *. Elles constituent en général

* On ne conçoit guères cette distinction; les loupes se font toujours

Digitized by Google

des masses de fer molles, poreuses et remplies de scories. Ces dernières en découlent à grands flots, quand la pièce est soumise à l'action comprimante du marteau. Une partie notable de ces matières reste encore dans la loupe lorsqu'elle est déjà cinglée; on ne peut sous ce rapport la comparer avec une loupe obtenue dans un feu d'affinerie activé au charbon de bois.

Dès que la dernière loupe a été retirée du foyer, l'ouvrier fait sortir le bain de scories, si toutefois l'affinage se pratique par des additions de ces matières; il nettoie la sole, la répare en cas qu'il le juge nécessaire, et charge le four de nouveau: si l'on opère sur du fin métal, il suffit d'aplanir la sole, d'en faire disparaître les dégradations.

1245. Les pièces obtenues par le cinglage des loupes sont chauffées de nouveau dans des fours à réverbère particuliers. Non-seulement cette opération sert à leur donner le degré de chaleur voulue, mais aussi à compléter leur décarburation. C'est pour cette raison que les chaudes intenses et répétées contribuent essentiellement à l'amélioration des produits, mais chaque chaude entraine nécessairement un surcroît de déchet. Si elles n'étaient pas assez intenses, et que la machine de compression manquât de force, le fer conservant alors une trop grande quantité

dans le fourneau, mais elles y reçoivent des formes plus ou moins régulières: lorsque le cinglage a lieu sous le marteau, il n'est pas nécessaire qu'elles soient faites avec beaucoup de soins, parce qu'on parvient toujours à souder à la pièce les morceaux qui menacent de s'en détacher. Il n'en est pas de même quand on pratique le cinglage entre les cylindres cannelés; dans ce cas, il faut donner aux loupes une forme très-régulière et les soumettre même dans le four pudling à une certaine compression. Pour cet effet on leur applique des coups de massue avant de les faire sortir du foyer. On procède de cette manière dans le pays de Galles, du moins dans quelques grandes usines, où les cylindres à cingler ont remplacé le marteau frontal. Le T.

Digitized by Google

de laitiers, deviendrait cassant sans qu'il fût aigre. Ce défaut, qu'on trouve souvent au fer affiné à la houille, se manifeste à un plus haut degré, lorsque l'étirage a lieu sous le marteau, au lieu d'être effectué entre les cylindres.

Les fours à réverbère qui servent à chauffer le fer, ont une faible hauteur sous clef et un pont assez bas. La grille doit être très-grande par rapport à la sole; afin qu'on puisse produire un haut degré de chaleur. La sole qui repose sur des plaques en fonte, se compose d'une couche de sable; on fait bien de mêler ce dernier avec de la poussière de charbon ou de coke. Un seul four de chaufferie suffit pour quatre ou cinq fours pudlings.

Les pièces éprouvent par la chaude et l'étirage un déchet considérable. Il est dû principalement à la grande quantité de scories qui, après le cinglage, reste encore dans la masse du fer; ce n'est qu'une petite partie de ce déchet qu'on peut attribuer à l'oxidation occasionnée par la chaude.

1246. Les scories qu'on obtient par l'affinage du fin métal dans les fours à réverbère, devraient avoir de l'analogie avec les scories douces obtenues dans les feux d'affinerie activés au charbon de bois. Mais il n'en est pas ainsi; elles renferment une si grande quantité de silice qu'elles forment un véritable silicate de fer, composition qui caractérise les scories crues. On ne peut attribuer la cause de ce fait, qu'à la présence du sable dont se compose la sole du foyer. C'est pour la même raison que les scories mêmes qui se forment dans les fours de chaufferie, se rapprochent des scories crues par leur composition.

Bien que la houille soit le combustible qu'on brûle ordinairement, pour affiner la fonte dans les fours à réverbère et pour chauffer les pièces obtenues, on pourrait pourtant se servir de bois, et de tourbe bien desséchés; mais il faudrait alors que ces foyers eussent des grilles

Digitized by Google

beaucoup plus grandes, et des voûtes moins élevées au-dessus des soles.

1247. Pour étirer les pièces en barres, on ne suit pas dans toutes les usines les mêmes procédés. Quelquefois on reporte dans le four pudling les pièces obtenues par le cinglage des loupes; placées près du pont, elles y reçoivent une chaude suante; transportées de nouveau sous le marteau frontal, elles sont converties en parallélipipèdes réguliers. Ces derniers reçoivent ensuite dans les fours de chaufferie, une chaude très-intense, pour être étirés entre les cylindres; ils passent successivement par un système de cannelures dont les premières sont carrées, et les autres rectangulaires, de manière qu'elles se trouvent étirées en barres plates (*blooms, mill barr*). Ces barres plates, coupées en morceaux d'égale longueur et réunis en trousses, sont portées de nouveau au four de chaufferie, et converties en fer marchand de toutes sortes de dimensions, en petit fer, et en verges fendues, sans qu'on soit obligé de leur donner une seconde chaude *.

Dans la plupart des usines, on étire tout de suite entre les cylindres, les loupes après qu'elles sont cinglées; on les convertit en barres plates qui, coupées à froid par la cisaille, sont réunies en trousses, portées au four de chaufferie, et transformées tout de suite en barres de dimensions voulues.

La première des deux méthodes que nous venons de citer, est la moins répandue; on ne la trouve que dans un petit nombre d'usines, parce qu'elle entrave l'affinage.

* Les barres de faible dimension qu'on appelle petits milles ne pourraient s'étirer de la trousse en une seule chaude. On est obligé de la convertir d'abord en barres carrées, qu'on coupe ensuite en bidons d'une longueur déterminée, et qu'on remet au four de chaufferie, pour les étirer en carillons, rubans, etc. Le T.

Digitized by Google

Si, pour obtenir du fer d'une très-bonne qualité, on veut donner une chaude de plus, on fait beaucoup mieux de convertir les trousses en barres plates, de couper ces barres et d'en faire de nouvelles trousses, qu'on étire ensuite en barres de dimensions voulues. Ce procédé occasionne une plus grande consommation de combustible que celle qui résulte de la méthode ordinaire, il augmente aussi le déchet; mais il améliore considérablement la qualité du fer *.

Les barres plates qui ont 13 millimètres d'épaisseur sont coupées à froid par une forte cisaille. On donne aux morceaux 50 à 60 centim. de longueur; réunis au nombre de 6 à 8 ils sont étirés en une barre.

Si le fer doit avoir de petites dimensions, on compose la trousse d'une moindre quantité de morceaux. Il est essentiel que ces derniers soient mis l'un au-dessus de l'autre avec régularité et qu'ils ne soient pas dérangés de leurs positions respectives; afin qu'on puisse les insérer commodément entre les cylindres.

La vitesse de rotation des cylindres étireurs doit être

---

* Nous avons pratiqué une méthode qui nous paraît plus avantageuse que celles qu'on vient d'exposer; il en a déjà été dit un mot page 6. Avant d'avoir achevé entièrement le cinglage de la loupe, on la porte dans un four de chaufferie placé près du marteau; un seul de ces foyers suffit pour huit fours pudlings en activité. Le fer entre rouge dans ce four de chaufferie, y reste seulement deux minutes, reçoit ensuite quelques coups de marteau, et passe entre les cylindres, pour être converti en barres plates, qui coupées à une longueur déterminée, réunies en trousses et chauffées de nouveau, sont étirées aux dimensions voulues. Par cette manipulation, très-simple, et peu dispendieuse, on peut obtenir un fer d'une excellente qualité. Nous avons déjà donné page 6 les raisons probables des effets que le métal éprouve par ce travail. Il est certain que le fer obtenu est au moins aussi bon que celui qui a reçu deux chaudes entières; et cependant la consommation de charbon est bien moindre qu'elle ne le serait dans ce dernier cas. Le T.

Digitized by Google

telle qu'ils fassent au moins 150 tours par minute. Dans quelques usines, on porte les barres sortant des cannelures dans de longs fourneaux de chaufferie pour leur donner un recuit; elles sont ensuite dressées et parées sous un marteau frontal. Par cette opération elles reçoivent une belle couleur bleuâtre, que du reste elles peuvent acquérir immédiatement, lorsque le chauffage est bien exécuté, et que les cylindres sont animés d'une assez grande vitesse*.

1248. Le déchet aux fours pudlings est d'ordinaire moins grand que celui qui se manifeste par les opérations subséquentes, parce que les pièces sont de véritables mélanges de fer et de scories; on ne peut donc déterminer d'une manière positive, la perte occasionnée par l'oxidation que le fer éprouve dans les diverses manipulations. On peut admettre, que cent parties pondérées de fin métal, ayant la qualité voulue donnent $83\frac{1}{2}$ à 84 de fer; on obtient donc avec 100 parties de fonte 76 de fer en barres. Il arrive souvent, lorsque les ouvriers sont bien exercés dans leur art, que le déchet total compté sur la fonte, ne s'élève qu'à 20 pour cent. Dans quelques usines on prétend travailler encore d'une manière plus avantageuse; mais l'exagération des résultats obtenus y paraît évidente.

Quand on affine par additions de scories, le déchet s'élève à 30 pour cent, et souvent il excède encore cette quantité.

La consommation de charbon qui a lieu dans les fours pudlings jointe à celle qui se fait dans les fours de chaufferie est, terme moyen, de 2 mètres cubes par 1000 kil. de fer en barres obtenu **.

* On place ordinairement sur un banc de fonte les barres sorties de la dernière cannelure, pour les dresser avec un maillet de bois. Le T.

** Ce qui fait 1600 kilog. et tout au plus 2200 kilog. de houille, y compris le combustible brûlé dans le feu d'affinerie. Le T.

Digitized by Google

L'affinage aux fours à réverbère, abstraction faite de celui qui s'effectue par additions de scories, donne lieu à une dépense de matières premières moins grande que celle qui est occasionnée par l'affinage au charbon de bois. De plus l'emploi des fours à réverbère rend possible une immense production journalière, puisque chacun de ces foyers peut fournir par jour plus de 1000 kil. de fer ductile.

DE L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINÉRAIS DE FER.

1249. L'affinage des minérais de fer comprend les différens procédés qu'on suit pour en obtenir immédiatement du fer ductile. Ce genre de travail peut s'exécuter dans des feux de forge et dans des moyens fourneaux. Son origine remonte aux temps les plus anciens; il est encore pratiqué dans plusieurs contrées, où peut-être on ne pourrait le remplacer avec avantage par l'emploi des hauts fourneaux et des feux d'affinerie.

Le fer obtenu par l'affinage immédiat des minérais est d'une excellente qualité, soit parce qu'on l'expose au vent à plusieurs reprises, soit parce que la séparation des matières s'effectue par une espèce de liquation, plutôt que par une fusion complète; les substances étrangères, ne pouvant se réduire au faible degré de chaleur employé, n'entrent pas en combinaison avec le fer; elles se vitrifient. Mais on n'est pas toujours maître d'obtenir ou de l'acier ou du fer: l'un et l'autre se trouvent ordinairement dans la même loupe; on est alors forcé d'enlever au fer sa dureté par des chaudes si fortes, que souvent elles sont équivalentes à une seconde fusion.

1250. Il existe des feux dans lesquels les minérais sont stratifiés avec le charbon, de la même manière que dans

Digitized by Google

les fourneaux : il faudrait pour cette raison les appeler *bas fourneaux*, comme on le fait en Suède. On donne communément le nom de fourneaux aux foyers dans lesquels les minérais sont chargés par lits alternatifs avec le combustible, et dans lesquels la distance de la tuyère au fond, est égale tout au plus au tiers de la hauteur totale. Nous avons déjà parlé précédemment de la différence qui existe entre les feux et les fourneaux (1096).

Tous les foyers servant à l'affinage immédiat des minérais, ont une grande largeur et reçoivent un vent doué d'une faible vitesse, qu'on doit renforcer dans le cas seulement où le jet d'air est très-plongeant.

Ces foyers sont ou les stuckofen, ou les bas fourneaux suédois, ou les feux dits *à la catalane*.

DE LA RÉDUCTION DES MINÉRAIS DANS LES STUCKOFEN.

1251. On a déjà fait mention des stuckofen (734). Nous dirons ici quelques mots sur le travail qu'on fait subir à leurs produits. Les masses obtenues, loin d'être un fer pur, constituent un produit intermédiaire entre la fonte et l'acier, bien qu'une partie puisse avoir le caractère du fer parfaitement malléable. Il faut donc les soumettre encore à l'action de l'oxigène et de la chaleur, comme on le pratique dans l'affinage aux feux brasqués, dont nous avons parlé (1186). Mais cette manière d'utiliser les stuck ou masses, n'était pas générale, lorsqu'on faisait un usage plus fréquent des stuckofen. En Styrie et en Carinthie on chauffait fortement ces masses, dans des feux particuliers garnis de brasque et dont le vent était presque horizontal. En les soumettant à une chaude intense devant la tuyère, une partie du métal coulait au fond du creuset, perdait son carbone dans un bain de laitiers riches et formait ensuite une loupe dont le fer était entièrement affiné. L'autre

Digitized by Google

partie qui restait entre les tenailles donnait de l'acier qu'on étirait en barres d'après les dimensions prescrites.

Les stuckofen, remplacés dans beaucoup de pays par les flussofen, ont trouvé, depuis peu de temps, des défenseurs qui pensent que l'on ferait une économie de fer et de combustible, en les activant conjointement à des feux d'affinerie analogues aux feux brasqués. Mais quelles que soient les améliorations que ces métallurgistes puissent proposer à ce sujet, nous ne pouvons nous ranger à leur avis, convaincu que, sous le rapport de l'économie, les flussofen joints aux feux d'affinerie ordinaires, présentent plus d'avantages, surtout si le travail et les constructions reçoivent les perfectionnemens dont ils sont encore susceptibles. On ne peut d'ailleurs établir de comparaison entre ces méthodes, qu'en prenant des minérais qui produisent peu de laitiers. Ce sont les seuls qui peuvent être traités dans les stuckofen: si les scories étaient très-abondantes, et que les minérais fussent réfractaires, on ne pourrait les fondre dans les stuckofen; parce que les laitiers seraient rendus liquides aux dépens du fer qu'ils envelopperaient entièrement et dont ils empêcheraient la coagulation; en sorte que le produit serait une fonte blanche caverneuse. On y remédierait à la vérité en les faisant fréquemment écouler; mais alors il en résulterait un déchet si considérable, que les stuckofen ne pourraient nullement soutenir le parallèle.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE PRATIQUÉ DANS LES BAS FOURNEAUX SUÉDOIS.

1252. Les fourneaux suédois sont de petits stuckofen; souvent on en retire la loupe par le gueulard, comme si c'étaient des feux de forge. La nature des produits dépend du dosage des charges et de la manière dont le vent est donné. Le fer obtenu varie extrêmement sous le rapport de ses propriétés : quelquefois il est bien affiné, ductile et malléable; quelquefois dur et aciéreux; quelquefois aigre et semblable encore à la fonte. Toutes ces qualités se trouvent presque toujours réunies dans une seule loupe, en sorte qu'on est obligé de la refondre dans un feu brasqué, ce qui occasionne à la fois un fort déchet et une grande consommation de charbon; et lors même qu'on se dispenserait de liquéfier ce fer une seconde fois, il faudrait néanmoins le maintenir long-temps à une haute température, parce qu'une simple chaude ne suffirait pas pour l'épurer.

Dans quelques endroits de la Suède et de la Norwège, on traite avec du bois carbonisé dans le fourneau même, des minérais de prairie grillés d'abord en gros tas, à l'air libre, bocardés ensuite et conservés sous des hangars. La cuve des fourneaux, construite en grès ou grauwacke, circulaire et évasée par le haut, a $2^m,20$ d'élévation et $1^m,56$ d'ouverture au gueulard. Le creuset, ou l'espace compris entre la sole et la tuyère, d'une forme ovale, et construit aussi en grauwacke, a 63 centim. de profondeur, 78 de longueur et 47 de largeur. Mais ces dimensions ne sont pas constantes; on trouve des fourneaux qui ont seulement $1^m,10$ à $1^m,25$ d'élévation. Dans ce cas, on enlève la loupe par le gueulard, en la saisissant avec des tenailles. Lorsqu'ils sont plus grands, on la fait sortir par le bas comme on la retire des stuckofen. Les cuves les plus élevées sont

Digitized by Google

souvent enveloppées avec de la terre battue en forme de *pisé* et retenue dans un cadre de bois. C'est à l'aide d'une rampe, que l'on communique avec le gueulard; quelquefois on trouve deux de ces foyers accolés l'un à l'autre.

Pour mettre un semblable fourneau en activité, on commence par le remplir avec du bois fendu, en serrant les bûches, pour éviter les interstices autant que cela est possible. On entasse ce combustible de manière qu'il dépasse le gueulard, et on l'allume en jetant quelques charbons embrasés dans un vide laissé par une perche verticale. Au bout d'une demi-heure, quand la carbonisation est presqu'achevée, on commence à charger avec du minérai grillé; mais on ne donne le vent qu'après la troisième ou quatrième charge. Elles sont composées chacune d'une à deux pelletées selon la quantité de minérais jugée nécessaire par l'ouvrier. On n'introduit une charge dans le fourneau que lorsque celle qui précède est descendue. Les soufflets vont d'abord très-lentement. Il faut que la tuyère soit toujours propre et qu'on fasse souvent écouler les laitiers. Lorsque le creuset est plein de métal, on cesse de charger, on laisse descendre les matières qui sont dans le fourneau et l'on fait sortir la loupe. Souvent elle est composée de fonte blanche plutôt que de fer affiné; on la refond pour la purifier. Dès que la température du fourneau le permet, on le recharge de nouveau. Le seul exposé de cette méthode en prouve l'imperfection.

Digitized by Google

DE L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINÉRAIS DANS DES FEUX À L'ALLEMANDE.

1253. L'affinage immédiat des minérais pratiqué dans les feux allemands se fait, comme dans les stuckofen, par une véritable fusion. L'opération considérée en elle-même n'offre de part ni d'autre aucune différence essentielle: il n'y en a que dans la forme des foyers, puisque les feux allemands n'ont point de cuve.

Le *creuset* est composé de plaques en fonte ou formé d'une chaudière garnie intérieurement de briques réfractaires couvertes de brasque. Sa profondeur varie entre 31 et 52 centim.; il en est de même de son diamètre: l'une et l'autre dimension dépendent de la fusibilité des minérais, de la force du vent et de la qualité du combustible. Le produit obtenu serait de la fonte si, en disposant de minérais fusibles, de charbons durs et d'un vent fort, on n'élargissait pas les foyers. La tuyère est parfaitement horizontale.

Après avoir desséché le creuset, qui souvent est garni intérieurement de terre glaise revêtue de brasque, on le remplit de charbon frais et l'on tâche d'en couvrir les parois d'une couche de laitiers, que l'on produit en fondant d'abord des minérais très-fusibles ou devenus tels par une addition de chaux: on appelle cette opération *brûler le creuset;* parce que la brasque se trouve effectivement consumée et remplacée par une couche de scories et de parties métalliques. Pour charger, on jette le minérai par pelletées, sur le tas de charbon qui remplit le creuset et qui s'élève au-dessus de ses bords; à mesure que ce minérai entre en fusion, il traverse la masse du combustible. Ce n'est qu'après qu'une charge est descendue qu'on la remplace par une autre. Le tas de charbon est renouvelé

Digitized by Google

de temps en temps; on continue de cette façon jusqu'à ce que la loupe ait reçu un poids déterminé.

Les propriétés du fer obtenu dans ces foyers dépendent de la vîtesse avec laquelle disparaissent les charges : plus la descente en est rapide, plus le métal se rapproche de la fonte: plus elle est lente, plus le déchet s'accroît; mais la qualité du produit en est bien meilleure, le fer est plus affiné, par ces propriétés il s'éloigne davantage de la fonte. Si la descente était trop accélérée, on y remédierait en augmentant les charges de minérai et surtout en y ajoutant une certaine quantité de scories douces. Lorsque les matières descendent trop lentement, il y a manque de chaleur, et le fer se fige contre les parois du creuset. Dans ce cas, l'ouvrier cherche à rétrécir le foyer, augmente la force du vent, diminue aussi la charge et y ajoute, s'il est nécessaire, un peu de laitier pauvre. Il peut arriver que le feu soit tellement refroidi qu'on n'obtienne point de fer et que toute la masse des matières se convertisse en laitier riche. Si les charges descendent très-rapidement, le résultat du travail ne consiste quelquefois qu'en laitiers pauvres joints à une petite quantité de fer cru. L'ouvrier doit donc savoir estimer le dosage avec précision. Il doit faire écouler le laitier fréquemment et en conserver néanmoins une petite quantité dans le foyer, pour ne pas mettre le fer à nu. Après avoir placé la dernière charge sur le charbon, il enlève les matières figées et attachées aux parois du creuset et les pousse dans le feu pour les mettre en fusion.

La loupe obtenue, si elle est impure, se traite dans des feux brasqués; elle subit alors un déchet de 30 pour cent. Si l'affinage en est plus avancé, on la coupe en lopins et l'on étire le fer pendant la fusion suivante. Il résulte de tout cela, que le degré d'affinage du métal dépend uniquement du rapport des minérais au charbon. Un ouvrier

Digitized by Google

exercé peut donc fournir, en suivant ce procédé, du fer parfaitement affiné, mais en moindre quantité que s'il tâchait d'obtenir un fer destiné à subir une deuxième fusion dans des feux brasqués. Au reste, c'est la routine qui fait la loi; cependant eu égard à la consommation de combustible, il nous paraît plus avantageux d'opérer l'affinage complètement, ainsi qu'on le faisait en Silésie, au lieu de fondre les lopins une deuxième fois dans des feux de forge, comme on le pratiquait dans le Palatinat.

1254. Il existe une autre méthode allemande d'affiner les minérais de fer: on les stratifie avec le combustible. La profondeur du creuset est de 31 à 38 centimètres; on donne à la tuyère un plongement considérable et l'on emploie du petit charbon, ainsi que dans le travail précédent, afin que les matières non fondues ne puissent le traverser. Pour prévenir cet accident, on est souvent obligé d'humecter les minérais. Dans certains endroits on les arrose même d'une si grande quantité d'eau, qu'ils forment une pâte qu'on jette sur le charbon. La dose de minérai composant une charge, dépend de l'allure du feu, tandis que la quantité de charbon chargée en une fois ne varie point. On la fixe à $0^{m.cub},09$; ailleurs, à $0^{m.cub},12$. On ne charge en minérais que lorsque le foyer chauffé d'abord, est rempli une seconde fois de charbon frais. La fonte qui tombe dans le creuset reçoit son degré d'affinage par le plongement du jet d'air; moins elle est disposée à devenir solide, plus on fait écouler le laitier fréquemment et plus on expose le métal à l'action du courant d'air.

Cette manière de traiter les minérais est encore en usage dans la Gallicie orientale; mais elle a été entièrerement abandonnée en Silésie. Les foyers dans lesquels on y pratiquait l'affinage immédiat ont été tous remplacés depuis 1798, par les hauts fourneaux joints aux feux d'affinerie.

Digitized by Google

Le creuset de forme circulaire était construit en briques réfractaires. On faisait une loupe de 60 à 75 kilog. par 6 heures, de sorte que la quantité de fer obtenue par semaine, variait entre 1800 et 2000 kilog.

1255. Lorsque l'on compare ces méthodes anciennes aux procédés plus nouveaux, on ne peut avoir en vue que d'examiner la consommation de charbon et le produit des minérais en métal; mais il est difficile de mettre, dans ces sortes de comparaisons, le degré d'exactitude voulue, parce qu'il faudrait que la qualité des matières premières employées, fût parfaitement égale de part et d'autre.

Dans l'éloge qu'on fait souvent de l'affinage immédiat, on vante toujours l'économie des frais de construction. Il est certain que l'établissement des hauts fourneaux joints aux feux d'affinerie, est bien plus dispendieux que celui des bas fourneaux anciens; mais la quantité de fer que les premiers fournissent dans un temps donné est aussi bien plus considérable. On ne peut donc comparer les deux méthodes entr'elles, que sous le rapport de la consommation des matières premières.

Dans la Silésie supérieure, on traitait autrefois par l'affinage immédiat, les minérais de Tarnowitz : ce sont des fers bruns argileux ou bien des fers bruns mêlés avec une grande quantité d'argile siliceux; on les fond encore aujourd'hui dans les hauts fourneaux de ces contrées. On consommait pour 1000 kilog. de fer forgé 36 mètres cubes de charbon et 8000 kilog. de minérais, qui ne rapportaient donc que de 12 $\frac{1}{2}$ pour cent de fer ductile.

Il résulte des termes moyens de plusieurs années, pris dans les usines actuelles, que pour 1000 kil. de fonte, on brûle 10 mètres cubes de charbon. Si l'on augmente cette quantité des deux cinquièmes, ou de 40 pour cent, à cause du déchet passé aux affineurs qu'on fixe aux deux septièmes

Digitized by Google

de la masse totale, le charbon brûlé dans le haut fourneau pour la fonte d'un cent de fer ductile, sera 14 mètres cubes. Dans le feu d'affinerie, on en consomme tout au plus 13 mètres cubes par 1000 kilog. de fer; ce qui fait en somme 27 mètres cubes, constituant une différence de 9 mètres cubes en faveur des hauts fourneaux et feux d'affinerie.

Les mêmes minérais réduits dans les hauts fourneaux produisent aujourd'hui, terme moyen, 24 pour cent de fonte, et le déchet, dans les feux d'affinerie est de deux septièmes; il s'ensuit qu'ils rapportent en fer ductile 17 pour cent *.

En comparant ces résultats, on voit que l'affinage immédiat des minérais était dans ce pays beaucoup plus désavantageux, que ne l'est aujourd'hui la fusion exécutée dans des hauts fourneaux et suivie du travail des feux d'affinere. On ne peut nier cependant que si les minérais étaient plus riches, la comparaison ne devînt plus favorable pour la première de ces méthodes.

DE L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINÉRAIS, D'APRÈS LES MÉTHODES SUIVIES EN FRANCE.

1256. La méthode française diffère essentiellement du procédé allemand : ce qui la caractérise c'est que les minérais sont fortement torréfiés et réduits avant d'entrer en fusion; mais ces deux opérations se suivent sans interruption **. Cette méthode est pratiquée principalement

* Dans nos forges, on ne brûle que $7\frac{1}{3}$ mètres cubes de charbon *de bois dur* par 1000 kilog. de bidons obtenus, et $8\frac{1}{3}$ mètres cubes par 1000 kilog. de fer en barres. Le T.

** Le grillage est une opération à part; il s'effectue dans des fourneaux particuliers, et précède de loin le traitement des minérais. M. Karsten ne veut parler ici que de la réduction qu'ils subissent immédiâtement avant d'entrer en fusion. Le T.

Digitized by Google

dans les Pyrénées. Les dimensions des foyers varient dans les différens cantons. Les creusets se construisent en schiste micacé, quelquefois aussi en plaques de fonte.

Les feux les plus petits, appelés *Catalans*, qu'on trouve au centre des Pyrénées et dans la partie orientale, ont 55 centim. de longueur, 47 de largeur au fond du creuset et 43 de profondeur; la tuyère est élevé de 24 centim. au-dessus de la sole.

Les foyers sont un peu plus grands dans la Navarre et la Biscaye. Les fourneaux navarrais ont 64 centim. de longueur et 53 de largeur, au fond du creuset. La tuyère est élevée de 32 centim. au-dessus du fond.

Les feux biscayens employés aussi dans la majeure partie de la Navarre, ont des dimensions plus grandes encore: leur longueur au fond du creuset est de 90 centim., leur largeur de 82, leur profondeur de 72. La tuyère est éloignée de 38 centim. du fond.

Le travail de ces foyers est le même par-tout; ils ne diffèrent que par leurs dimensions et par la quantité d'air qu'ils reçoivent.

On traite à la fois dans les premiers 150 à 200 kil. de minérais parfaitement grillés; 250 à 300 dans les navarrais, et 350 à 400 dans les biscayens. Souvent on expose le minérai grillé à l'action de l'air et de l'eau pendant quelques mois, on le répand sur une grande surface, on l'arrose et on le retourne plusieurs fois, afin d'en séparer l'acide formé par la calcination des pyrites.

La tuyère est tellement plongeante qu'elle rencontre le fond à plusieurs pouces du contrevent.

Le travail de ces feux a été décrit par La Peirouse, Muthuon, Gueymard et Combes, avec beaucoup de détails, et leurs relations sont assez concordantes. On garnit le foyer d'une couche de brasque de quelques pouces d'épaisseur. On fait cribler une partie de minérai grillé

Digitized by Google

précédemment. La poussière appelée *greillade* entre pour un tiers dans la masse de celui qu'on veut réduire; mais on ne la jette dans le feu que pendant la fusion.

On commence par apporter le minérai qui est en morceaux; on le verse près du contrevent; on l'entasse, on en fait une espèce de mur terminé en dos d'âne, de manière que la plus grande hauteur soit du côté de la rustine et la plus petite du côté du laiterol. Cette masse de matière occupe un tiers et quelquefois la moitié du creuset. Il reste par conséquent entre le minérai et la varme, un espace égal aux deux tiers ou du moins à la moitié de la capacité du foyer; il est rempli de charbon qui doit servir à la combustion : c'est aussi dans cet espace qu'on chauffe les *massoques* et les *massoquettes* de la fusion précédente, pour les étirer en barres. On couvre de tous côtés le mur de minérai avec du charbon et du fraisil humecté d'eau et mêlé avec de la greillade. Il est essentiel que le mur soit bien consolidé avec du fraisil humecté. Dès que la flamme perce le tas de minérais, on bouche les jours avec la greillade, pour concentrer la chaleur au fond du foyer, et pour empêcher que le tas ne s'affaisse trop promptement.

Pendant les deux premières heures les soufflets agissent avec lenteur; l'affineur est occupé continuellement à faire descendre les charbons à mesure qu'ils se consument, pour remplir les vides et empêcher l'éboulement du minérai. Il emploie d'abord un vent faible, pour ne pas opérer la fusion, et pour bien réduire le minérai entretenu longtemps à une chaleur modérée, en contact seulement avec les charbons et dérobé à l'influence de l'air atmosphérique.

Au bout de deux heures l'affineur donne le vent en entier. Il commence par faire écouler les scories qui, à cette période, sont dues principalement à la greillade. Il enfonce un ringard entre le contrevent et le tas de minérais pour

rapprocher ces derniers du courant d'air. Il détache ensuite les morceaux inférieurs du minérai qui commence à devenir caverneux, les présente devant la tuyère, ayant soin que le mur s'affaisse peu à peu, sans s'ébouler. Il continue ces opérations avec beaucoup de mesure jusqu'à ce que tout le minérai ait passé au foyer de la chaleur.

Lorsque, dans le cours du travail, l'ouvrier veut pousser le tas de minérai vers la tuyère, il fait d'abord écouler les scories, ce qui d'ailleurs a toujours lieu quand elles s'accumulent en trop grande quantité dans le foyer, et qu'elles empêchent l'influence du courant d'air sur le minérai réduit. On est guidé par la consistance des scories; plus elles sont liquides, plus on tient le tas de minérais éloigné de la tuyère. Lorsqu'elles sont trop épaisses, on leur ajoute quelquefois de la greillade, quoiqu'en très-petite quantité. Ainsi le minérai en poussière sert plutôt à donner au laitier la consistance voulue, qu'à augmenter le produit. Un quart d'heure après avoir commencé l'opération, on jette déjà de la greillade dans le feu; elle est consommée en entier avant que, pour la première fois, on ait poussé le minérai vers la tuyère: on en emploie d'autant moins que le vent est plus fort et que le charbon est plus dur.

Il est essentiel que la partie antérieure du foyer soit toujours remplie de charbon, afin que le mur ne puisse pas s'ébouler. L'état des minérais joint à celui du laitier, indique à l'ouvrier le moment où il doit avancer vers la tuyère le tas de minérais dont il ne détache que ceux qui sont caverneux, pour les exposer au vent; mais il importe que cette opération soit conduite avec beaucoup de mesure. Lorsque la fusion est entièrement terminée, il cherche encore des morceaux dispersés et les ramène devant la tuyère pour les fondre à leur tour. Cela fait, il arrête le vent et fait sortir la loupe appelée *masset*, pour la cingler et la partager en plusieurs lopins qui portent le

Digitized by Google

nom de *massoques*, et qu'on chauffe pendant la fusion suivante, pour les couper en *massoquettes* et les étirer en barres.

Le travail de l'affinage immédiat des minérais se divise donc en deux parties : dans la première période, qui dure à peu près une heure et demie à deux heures, on réduit l'oxide de fer contenu dans le minérai; dans la deuxième on opère la fusion. Il est évident qu'à la température assez basse qui règne dans ces foyers, la séparation des matières ne peut s'effectuer que par la formation de silicates et de sous-silicates très-riches en oxidule de fer; ce dernier est nécessaire pour rendre le laitier liquide.

La partie du métal qui, pendant la réduction, se trouve en contact avec le charbon, doit en absorber une certaine quantité et devenir aciéreux. Ce fer carburé est décomposé ensuite soit par l'action du courant d'air, soit par l'influence de la greillade, soit aussi par celle d'une portion de minérai dont la réduction n'est pas terminée.

On sait par les analyses nombreuses de M. Berthier, que la plupart des scories provenant des forges catalanes, sont des mélanges de sous-silicates et de silicates, qui pourtant se rapprochent plutôt des derniers. Eu égard à leur composition, on peut donc les assimiler aux scories crues : il en est de même du laitier de stuckofen. Voici les résultats d'une analyse faite par M. Combes :

Silice	26,4
Oxidule de manganèse	11,6
Chaux	16,2
Magnésie	1,8
Oxidule de fer	42,4
Alumine	trace
TOTAL	98,4

Un feu catalan est desservi par huit hommes, un maître ouvrier appelé *foyer*, un *maillé* ou marteleur, deux affi-

neurs nommés *escolas*, deux *piquemines* et deux *valets d'escolas* qui portent le nom de *miaillous*. Le travail des feux qui sont plus petits se fait par six hommes seulement.

On retire du minérai à peu près 33 pour cent de fer ductile. On obtient par six heures et selon les dimensions du fourneau, un masset de 50 à 150 kilog.; de sorte que le produit des plus grands foyers est de 3500 à 4000 kilog. par semaine.

On dit le fer d'une qualité excellente; il est ordinairement très-doux au centre de la loupe, mais dur et aciéreux à sa surface. Si l'ouvrier veut obtenir de l'acier, il diminue, d'après La Peirouse et Combes, la quantité de greillade, matière qu'on peut assimiler aux laitiers riches qui servent à décarburer le fer; il pousse le minérai plus fréquemment vers la tuyère et avec moins de force. C'est-à-dire qu'il hâte la fusion, sans exposer le minérai aussi fortement au courant d'air. Il charge une moindre quantité de minérais, fait écouler le laitier plus souvent, pour diminuer son action sur le métal, et surtout prolonge le travail du masset, en cémentant le fer avec le charbon, au lieu de l'exposer à l'influence des scories. Il faut du reste que la tuyère plonge au moins autant pour la préparation de l'acier que pour celle du fer.

La Peirouse, Ducoudray et Muthuon, préfèrent le travail des feux dits à la catalane à celui des hauts fourneaux et feux d'affinerie, non-seulement sous le rapport de la qualité des produits, mais surtout pour l'économie du combustible. Il est très-naturel que le fer soit très-bon; parce que la réduction du métal s'achève avant que le minérai ne devienne liquide, et les autres composans de ce dernier ne peuvent se réduire à la température qui règne dans le foyer: cette température ne pourrait même opérer la fusion des matières étrangères, si elles ne se combinaient pas avec l'oxidule de fer qui se reforme

Digitized by Google

de nouveau. C'est aussi pour cette raison qu'on obtient toujours d'excellens produits par toutes les méthodes qui se pratiquent à un degré de chaleur si bas que le fer oxidé ne peut se réduire complètement, et qu'une partie même du métal réduit doit encore une fois se convertir en oxide, pour déterminer la liquéfaction des substances étrangères.

Quant à l'économie du combustible, il serait difficile de prononcer entre les deux méthodes : on ne connaît pas exactement la quantité de charbon brûlé par mille de fer dans les forges dites catalanes, et même la richesse des minérais n'est pas assez bien déterminée. On ne peut nier du reste que le déchet ne soit très-considérable; la composition et l'abondance des scories en est une preuve certaine. La consommation de charbon est au plus, d'après Ducoudray, de trois parties et un tiers pour une de fer; nous ne pouvons en évaluer le volume, leur essence nous étant inconnue. Mais si l'on réduit en kilogrammes les 27 mètres cubes de charbon brûlé par 1000 kilog. de fer obtenu dans les usines de la Silésie (1255), et si l'on suppose que ce charbon, moitié de pin et moitié de sapin, pèse 136 kilog. le mètre cube, on aura pour les 27 mètres cubes 3672 kilog.; c'est-à-dire que pour une partie de fonte, il en faut $3\frac{2}{3}$, et cette consommation serait diminuée de beaucoup, si l'on fondait dans les hauts fourneaux des minérais aussi riches que ceux qui sont traités par les méthodes dites *catalanes*. Il est donc assez probable que l'avantage se trouve plutôt du côté des hauts fourneaux joints aux feux d'affinerie *.

---

* D'après la comparaison qui vient d'être faite entre les deux méthodes, le travail des feux dits à la *catalane*, semble encore présenter un avantage sous le rapport de l'économie de combustible, mais on ne peut l'attribuer qu'à la pauvreté du minérai de Tarnowitz. Les résultats

Digitized by Google

On a fait plusieurs essais pour substituer le coke au charbon de bois dans les foyers où l'on affine les minérais immédiatement, mais la température qui régnait dans ces foyers était toujours ou trop élevée ou trop basse. On réussirait peut-être en employant beaucoup d'air soumis

---

de la comparaison eussent été plus concluans, si les premières données avaient été moins inégales, si, au lieu d'un minérai qui ne rend que 17 pour cent de fer ductile, on en avait pris un autre donnant à peu près 33 pour cent, comme ceux qu'on traite par l'affinage immédiat. Il nous serait facile de nommer plusieurs hauts fourneaux qui, avec leurs feux d'affinerie, ne consomment que 3 à $3\frac{1}{2}$ parties de charbon pour une de fer ductile. Nous citerons les belles forges de Couvin, dont la comptabilité des matières a été tenue avec un ordre parfait. Or le fourneau de Couvin consommait, terme moyen, depuis le 15 décembre 1818 jusqu'au 31 août 1819, par mille de fonte, 52^{resp},32 de charbon ou 1283 kilog. Dans la forge dite du Prince, on employait, terme moyen, depuis le premier mai 1819 jusqu'au 31 décembre même année, par mille de fer, 1480^{k},64 de fonte, et 13,06 queues de charbon, pesant 1650 kilog.; en sorte qu'on brûle 1898 kilog. de charbon dans le haut fourneau, pour obtenir la quantité de fonte qui produit un mille de fer; ajoutant à ce nombre les 1650 kilog. brûlés dans le feu d'affinerie, on trouve que la consommation de charbon pour un mille de fer ductile, est 3548; ce qui fait à peu près $3\frac{1}{2}$ parties de charbon pour une de fer obtenue, *et ce fer est étiré et paré avec soin;* tandis que les forges catalanes ne fournissent que des espèces de *bidons* ou *bâtards*. Faisons observer, en outre, que M. Hannonet, propriétaire des usines de Couvin, n'a négligé aucun soin, ni craint aucune dépense pour améliorer la qualité de ses fers qui jouissent aujourd'hui d'une réputation toute particulière. Mais chacun sait qu'on ne parvient à de semblables résultats, qu'en sacrifiant une plus grande quantité de combustible et de fonte. La consommation de $3\frac{1}{2}$ de charbon pour une de fer *en barres bien forgées*, paraît donc être dans ces usines une espèce de maximum.

Les minérais de St-Pancré, ceux qui proviennent des cantons dits la *Butte*, la *Vieille-Taverne*, *Cosnes* et la *Hogne*, lorsqu'ils ne sont pas mêlés avec une trop grande quantité de minérai en blocs, ne demandent, étant soumis au travail des hauts fourneaux suivi de celui des feux d'affinerie, que 3 à $3\frac{1}{3}$ kilog. de charbon par kilogramme de gros fer, et le produit est généralement d'une très-bonne qualité. Le T.

Digitized by Google

à une pression médiocre; mais les cendres de ce combustible composées en majeure partie de silice et d'alumine occasionneraient en tout cas un déchet considérable.

DE L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINERAIS, SELON LA MÉTHODE CATALANE ITALIENNE.

1257. La méthode suivie en Corse, à l'île d'Elbe et dans d'autres parties de l'Italie, ressemble à celle qu'on pratique en France. On commence aussi par griller ou pour mieux dire par réduire le minérai; ensuite on enlève du foyer les morceaux aglutinés, pour les refondre plus tard. On réduit à la fois autant de minérai qu'il en faut pour quatre fusions successives qui, conjointement avec la première opération, constituent le travail d'une journée. La réduction et la fusion qui, d'après la méthode française, se suivent immédiatement, sont divisées dans le travail à l'italienne; il en résulte une perte de temps et une plus grande consommation de charbon; aussi ne peut-on fondre que 350 à 400 kilog. de minérai par 24 heures. Le premier grillage se fait en même temps que la réduction; mais on ne soumet à cette dernière que le minérai qui a été grillé et bocardé la veille.

Le foyer est un bassin demi-circulaire qui a tout au plus 18 centim. de profondeur et 39 de rayon. La tuyère est placée au centre.

En commençant le travail, on garnit le bassin avec du fraisil passé à l'eau, de manière que la distance de la tuyère au fond soit réduite à 11 centim. On élève ensuite, à 13 centim. de la tuyère, un mur demi-circulaire avec de gros charbons de 12 à 13 centim. de longueur, placés dans le sens des rayons du bassin; derrière ce mur on dispose des lits alternatifs de minérai grillé et de fraisil, séparés du minérai brut par un entre-deux de fraisil

Digitized by Google

qui a 11 centim. d'épaisseur : les interstices laissés entre les morceaux de minérai bruts, sont remplis avec de la poussière de charbon, afin que la masse qui a trois pieds de hauteur et qui présente l'aspect d'un petit fourneau, reçoive une plus grande solidité ; la tuyère reste parfaitement libre.

Les gros charbons qui forment une cuve sont de châtagnier ; on préfère ceux qui ont déjà servi une fois, parce qu'on les éteint dans l'eau et qu'ils deviennent alors moins combustibles. On garnit aussi avec du fraisil les interstices laissés entre eux, afin qu'il ne puisse pas pénétrer d'oxigène jusqu'aux couches de minérai. Après avoir jeté dans la cuve quelques charbons incandescens, on la remplit de charbons froids et l'on donne le vent qui d'abord est faible. Au bout d'une demi-heure le minérai grillé et bocardé se trouve si bien fritté qu'il ne forme plus qu'une masse. L'ouvrier fait descendre les petits charbons avec précaution, à mesure qu'ils se consument, pour ne pas entamer le mur de gros charbons qui doit rester intact, condition essentielle dont dépend le succès de l'opération. Quand on la juge terminée, ou qu'on pense que les minérais sont suffisamment réduits, ce qui arrive au bout de trois ou quatre heures, on renverse le mur extérieur fait avec des minérais qu'on vient de griller, on les bocarde pour les soumettre le lendemain à la réduction, on enlève ensuite le petit mur de fraisil, on arrête le vent, on retire les gros charbons qui doivent avoir conservé leur position et leur forme, on les éteint dans l'eau et l'on refroidit avec ce liquide les minérais réduits et agglutinés qu'on répand sur le sol de l'usine. Ces minérais constituent alors un mélange de laitier et de fer.

Après avoir achevé cette opération préparatoire, on procède à la fusion des matières et à la confection du masset. On nettoie d'abord le foyer, on l'entoure de fraisil,

Digitized by Google

on le remplit de charbon jusqu'à 50 centim. au-dessus de la tuyère, on place sur ce tas de charbon les morceaux de minérais réduits et l'on donne le vent. Lorsque le tas de combustible s'affaisse, on y jette du charbon frais sur lequel on charge aussi du minérai réduit jusqu'à ce qu'on ait usé le quart de la provision faite précédemment. Au reste il n'y a que les laitiers, qui entrent en liquéfaction; on les fait écouler à plusieurs reprises. Le fer se rassemble sur le fond et se réunit en une masse appelée *massello*. La loupe est faite en quatre à cinq heures de temps. Après qu'on a fait écouler les scories ou arrête le vent, on retire la loupe du feu, on la cingle, on en forme une petite pièce qu'on étire pendant la fusion suivante. Le fer est, dit-on, d'une excellente qualité.

On obtient par 24 heures, tout au plus 200 kilog. de fer. Le procédé français, moins dispendieux sous le rapport de la consommation de charbon, est donc bien préférable à la méthode italienne.

DE L'AFFINAGE DE LA FERRAILLE.

1258. La fabrication de la tôle, du fil d'archal, des clous, des pelles, de la casserie, etc., etc., produit une grande quantité de rognures et de débris, qu'on rassemble et que les propriétaires d'usines achètent pour les traiter par des procédés particuliers. D'après Swedenborg, il existait déjà dans le 17e siècle, près de Rome, plusieurs forges où l'on s'occupait exclusivement à convertir en barres le vieux fer appelé *ferraille*. Ce genre de fabrication est très-étendu à Londres, où l'on voit un établissement de cette nature activant cinq systèmes de cylindres servant à étirer le fer. Il est évident du reste que ces usines doivent prospérer le plus dans le voisinage des grandes villes, si toutefois on peut s'y procurer le combustible à un prix modéré.

Digitized by Google

1259. On peut affiner la ferraille ou dans des feux de forge ou dans les fours à réverbère, en la faisant fondre où souder seulement, pour l'étirer ensuite en barres. Le fer obtenu de cette façon est à la fois très-dur et très-tenace.

Swedenstierna cite la forge de Crammond, près d'Edimbourg, où l'on traite de la ferraille achetée en grande partie dans les Pays-Bas. Des femmes ou des enfans qui réunissent ces vieux fers en font des paquets très-serrés, de 13 à 16 centimètres d'épaisseur, sur une longueur de 28 à 30 centimètres : il est essentiel de ne laisser entre les rognures que le moins d'intervalles qu'il est possible, et de lier solidement ces paquets de manière qu'on puisse les manier sans que rien ne se détache. On les jette dans des feux d'affinerie ordinaires ou dans des fours, pour les chauffer au blanc soudant et les convertir en barres sous le marteau. L'auteur a négligé de nous transmettre les détails de l'opération et même d'indiquer si le combustible consiste en coke ou en houille*. Au reste ces sortes de méthodes sont indubitablement les plus avantageuses.

Le procédé généralement suivi pour traiter par le soudage les riblons ou la ferraille est celui que nous allons décrire. On chauffe le fer avec du coke, sans le mettre au contact du combustible. Les fourneaux employés sont activés avec des soufflets, on les appelle en Angleterre *fagotted iron furnaces*. On en fait usage pour chauffer le fer demi-affiné, obtenu au charbon de bois dans des feux d'affinerie ordinaires et destinés pour la fabrication du fer-blanc. Dans quelques contrées, comme à Sheffield, on emploie ces sortes de foyers pour chauffer l'acier qu'on

* Il est probable qu'on chauffe avec du coke, la houille nuirait à la qualité du fer, on n'oserait même l'employer pour souder les mises des essieux, quoiqu'elles aient 1 pouce à 15 lignes d'épaisseur. Le T.

Digitized by Google

veut étirer en barres; dans ce cas on leur donne de plus petites dimensions. Leur construction est simple, ils occupent peu d'espace et ils ne donnent lieu qu'à un très-faible déchet.

Les rognures de tôle sont assemblées en paquets de la manière suivante. Un enfant qui en est chargé se place sur un banc portant quatre broches en fer qui déterminent la longueur, la hauteur et l'épaisseur du paquet. Il met d'abord deux rognures assez larges contre les broches, en dedans et perpendiculairement à la longueur du rectangle qu'elles déterminent. Il pose ensuite les différens morceaux de tôle sur les deux premières rognures destinées à servir de lien au paquet, dont la longueur est de 30 centimètres sur 15 de largeur et d'épaisseur. On assemble de la même manière le vieux fer ou de toute autre espèce de ferraille. Comme on trouve rarement des rognures assez longues pour former des liens, on les agraffe pour cet objet et on ferme l'agraffe par un coup de marteau. Les paquets de rognures de tôle ne portent quelquefois qu'un lien, mais ceux du vieux fer en ont toujours deux et souvent un troisième appliqué dans le sens de la longueur.

Le fourneau est construit en briques réfractaires (Pl. VIII, Fig. 6, 7, 8 et 9). La Fig. 6 est le plan, la Fig. 7 une coupe longitudinale, la Fig. 8 l'élévation et la Fig. 9 une coupe transversale de ce foyer. Le combustible, placé dans le compartiment *a* dont la sole se compose de poussière de coke, est embrasé par le courant d'air sortant de la buse B, dont le diamètre est quelquefois de 5 centim. On introduit le coke dans le foyer par l'ouverture *c* où se trouve une plaque horizontale sur laquelle il est entassé, en sorte qu'il bouche cette ouverture et qu'il arrive déjà rouge de feu à l'endroit où doit s'effectuer la combustion.

Le fer acquiert la chaleur blanche dans l'espace D, pourvu de deux ouvertures ménagées du côté opposé à

l'ouverture *c* et fermée par des portes *n*, *n*: ces dernières sont faites en briques réfractaires. Dans les deux parois latérales du foyer on pratique deux autres trous qui permettent à la chaleur de pénétrer dans les compartimens *f*, *f* où le fer reçoit les premiers degrés de chaude. Les petits fourneaux ne sont quelquefois munis que d'un seul compartiment de cette espèce; mais il sert dans tous les cas à faire rougir l'acier ou les paquets de fer qui, dans l'espace D, doivent acquérir le degré de température du blanc soudant.

Ces compartimens *f*, *f*, ont chacun une ouverture ménagée aussi dans la face antérieure du fourneau et par lesquelles on introduit le métal dans ces compartimens. Lorsque le paquet, placé sur une barre de fer aplatie à l'une de ses extrémités, est parvenu à la chaleur rouge, on l'introduit dans le foyer D, dont les portes doivent être fermées pendant le chauffage. La barre repose alors sur un ressaut ménagé dans l'intérieur du fourneau, de manière que le métal se trouve au-dessus et à une certaine distance du combustible. Quand il est parvenu au blanc soudant ce qui exige très-peu de temps parce qu'il est déjà rouge de feu en entrant dans le foyer, on le porte sous un très-gros marteau où les rognures sont soudées ensemble et sur la barre de fer.

1260. Dans quelques usines, on jette la ferraille et les rognures de tôle dans le feu d'affinerie, lorsque la loupe est déjà formée. Ce procédé est assez avantageux dans le cas où l'on ne dispose que d'une petite quantité de ces débris, parce qu'il n'augmente guères la consommation de charbon, et que la ferraille ne subit alors qu'un faible déchet. Mais dans le cas où l'on voudrait faire passer de cette manière une plus forte dose de ces débris ou rognures, il en résulterait un grand déchet, attendu que

Digitized by Google

le fer, dans un état d'affinage parfait, remplissant tout le creuset, serait abandonné à toute l'action du vent pendant qu'on élèverait le degré de chaleur pour opérer le soudage. On tenterait inutilement d'y remédier en couvrant le fer de charbon; une partie s'oxiderait toujours et une autre, absorbant du carbone, deviendrait dure et aciéreuse. Il vaudrait donc mieux employer ces débris pendant le premier soulèvement; mais l'affinage en serait accéléré, inconvénient très-grave, lorsque la fonte n'est pas exempte de défauts.

1261. Si l'affinage se fait par une fusion entière dans des feux de forge, on ajoute à la ferraille des laitiers riches et du fer cru, pour former un bain qui puisse la protéger contre l'action de l'air. D'après Swedenborg, ce procédé aurait été suivi dans les forges de Rome; mais on employait deux foyers, dont l'un servait seulement de chaufferie pour l'étirage des lopins, ce qui est inutile et augmente la consommation de charbon.

On emploie pour ce genre de travail un feu profond et un vent rasant. La distance de la tuyère au fond peut avoir 37 à 39 centimètres, la longueur du foyer 78 et la largeur 63. On remplit le creuset de charbon, après en avoir garni le pourtour avec du fraisil. On casse en petits morceaux la sorne provenant de l'opération précédente, pour la fondre ensuite entre deux couches de charbon avec le fer cru, dont le poids est à peu près égal à la douzième partie de la ferraille. On s'occupe pendant la fusion de l'étirage des lopins. En modifiant la force du vent, on peut accélérer ou retarder l'affinage de la masse. Si la matière est disposée à louper, on donne un vent fort; le contraire a lieu si elle reste trop liquide, et dans ce cas on diminue aussi les additions de fer cru. En un mot, il faut toujours que le métal soit affiné en tombant dans le

Digitized by Google

creuset, sans quoi l'on est obligé d'y ajouter encore des oxides, et quelquefois même de le soulever pour le refondre avec lenteur.

Quand les scories et la fonte sont liquéfiées, on jette du charbon dans le creuset et l'on place sur le tas de combustible la moitié seulement de la ferraille; on la comprime à coups de marteau lorsqu'elle est rouge de feu, et l'on y joint ensuite l'autre moitié. Aussitôt que la fusion est commencée, on tâche de l'accélérer; le vent doit alors traverser les charbons dans tous les sens; pour en favoriser le passage, on donne de temps à autre quelques petits coups de ringard. Il faut avoir soin que le métal ramolli ne s'attache pas aux plaques, puisqu'il descendrait plus lentement et qu'il se combinerait alors avec le carbone. Le travail de l'attachement ne peut être appliqué à cette méthode, attendu que la fusion doit être très-prompte et que le fer ne peut d'ailleurs s'affiner qu'en tombant dans le creuset. On traite ordinairement 75 à 100 kilog. de ferraille à la fois, pour en former une loupe.

Le déchet qui s'élève souvent à 12 pour cent, peut, dans des circonstances favorables, se réduire à 10. La consommation de charbon est très-grande: on en brûle 9 à 12 mètres cubes par 1000 kilog. de fer obtenu. Si les débris sont très-menus, comme ceux qu'on obtient en forant ou en tournant du fer ductile, ils sont fortement attaqués par le vent; le déchet peut alors s'élever de 30 à 40 pour cent.

1262. Avant qu'on ne fît usage des fourneaux que nous avons décrits au paragraphe 1259, et que les anglais appellent *fagotted iron furnaces,* on traitait dans le four à réverbère la ferraille ou les rognures de tôle, en les soudant ensemble, ainsi qu'on le pratique encore dans beaucoup d'usines. La sole de ces fours doit être horizontale et leur

Digitized by Google

tirage très-rapide, afin qu'ils puissent produire une haute température et que le métal ne soit pas exposé trop long-temps à l'action de l'air. On procède de deux façons différentes: on peut mettre la ferraille dans des creusets qui ont 10 centim. de hauteur, 28 à 31 de diamètre, et qu'on place au nombre de 8 à 10 dans le four, ou bien on peut jeter immédiatement sur la sole du foyer, les débris de fer rassemblés en paquets. Le premier de ces procédés, rarement suivi aujourd'hui, est dispendieux à cause de l'achat des creusets; mais le fer, garanti dans ces vases du contact de l'air, subit un faible déchet.

Il est essentiel que le four à réverbère soit construit de manière qu'il puisse parvenir rapidement à un haut degré de chaleur, et que le pont ait au moins 16 centimètres d'élévation, afin que le fer placé à nu sur la sole soit protégé contre le courant d'air. Mais il résulte toujours de ce procédé un déchet considérable. C'est pour cette raison que la ferraille se traite maintenant au coke dans des fours activés par des machines soufflantes.

1263. Le procédé qu'on suit à Pradley et dans d'autres usines de l'Angleterre, pour traiter les rognures de tôle, réunit tous les avantages: on jette ces débris de fer dans les fours à réverbère pendant l'affinage du fin métal, au moment où il commence à entrer en fusion. Il suffit alors de donner encore un coup de feu avant de travailler la masse fondue *.

* En employant les rognures de tôle de cette manière, on se prive d'un fer excellent qu'on obtient en les traitant séparément. Ce fer convient surtout pour la fabrication des essieux; il est plus propre à cet objet que tous les autres, quelque bonne que soit leur qualité. Le T.

Digitized by Google

DE LA RÉDUCTION DES SCORIES.

1264. Les scories de forge, à moins d'être très-crues, contiennent 40 à 50 pour cent de fer: elles sont plus riches que la plupart des minérais. Dans les usines où l'on n'affine que des fontes blanches pauvres en carbone, où l'on obtient les laitiers riches en plus grande quantité que les pauvres, où souvent ils contiennent 60 pour cent de fer, dans ces usines, dis-je, il est d'une haute importance de ne pas négliger le traitement de ces matières *.

Il n'en est pas de même dans les forges où l'on travaille sur fonte grise: les laitiers riches sont employés alors pendant l'affinage même, et servent à hâter la conversion de cette fonte en fer ductile. On est donc réduit dans ces établissemens à ne traiter que les scories crues: celles qui proviennent de la première percée sont quelquefois rejetées à cause de leur pauvreté.

On peut admettre que par l'affinage de 100 parties de fonte effectué selon la méthode comtoise, on obtient 20 parties pondérées de scories, qui pourraient donner 12 parties de fer cru, supposé qu'il rende seulement 30 pour cent dans le haut fourneau. C'est ce qui prouve qu'on perd annuellement une grande quantité de fer en négligeant de traiter ces substances **.

* Il paraît, d'après les essais de MM. *Berthier*, *af Uhr* et *Sefstrom*, que la quantité de fer qu'on peut retirer des scories dépouillées des grains de métal qu'elle contiennent à l'état de mélange, varie entre 38 et 65 pour cent, et que le terme moyen est 52. Le T.

** Il est évident que l'auteur a commis une erreur de chiffre; 20 parties de scories rendant 30 pour cent, au haut fourneau, ne peuvent donner que 6 parties de fonte. Par l'affinage, on perd en général 20 pour cent de fer, qui se trouve à l'état d'oxide dans les scories, et le poids de ces dernières peut s'estimer à peu près à 40 pour cent de la fonte em-

Les scories cèdent d'autant mieux une partie de leur fer, que leur vitrification est moins avancée. Il s'ensuit que celles qu'on obtient soit au commencement de l'affinage soit dans des feux à la Catalane, sont plus difficiles à traiter que les scories douces, dont la richesse en fer est d'ailleurs plus considérable. Les premières qui par leur composition se rapprochent en général du silicate, sont plus fusibles et plus difficilement réductibles que les secondes, dont le contenu d'oxidule surpasse quelquefois celui du sous-silicate.

On ne pourrait déterminer au juste le degré de température qui serait nécessaire pour réduire par le charbon seul le silicate d'oxidule, en extraire de la fonte et le convertir en bisilicate. Il paraît prouvé que ce changement ne pourrait avoir lieu à la chaleur des hauts fourneaux; mais il n'en sera pas de même si l'on présente à la silice une autre base en échange de l'oxidule de fer. Les résultats de l'opération dépendent alors et de la température du foyer et de la fusibilité des silicates naissans : il se pourrait donc qu'une petite quantité de la nouvelle base suffit pour décomposer complètement le silicate d'oxidule et qu'elle formât avec la silice un bisilicate; ou bien que la nouvelle base dût être employée en si grande quantité qu'elle donnât naissance à un autre silicate, etc., etc.

Si donc on traitait les scories de forges dans les hauts fourneaux sans aucune addition de fondans, on ne pourrait réduire que la quantité d'oxidule qui n'est point nécessaire à la formation d'une silicate. On obtiendrait presque le même résultat, si, en diminuant la dose de minérais chargés ordinairement dans le haut fourneau, on augmentait dans

---

ployée. Or, les 40 parties de ces substances traitées dans les hauts fourneaux, donneraient effectivement 12 parties de fonte, dans l'hypothèse admise. Le T.

Digitized by Google

le même rapport la quantité de scories ajoutée à la charge, sans accroître la proportion de charbon, ou bien sans élever la température du foyer. Ces considérations générales, jointes d'ailleurs à ce qui a été dit dans la 2ᵉ et 4ᵉ sections sur la réduction des minérais, suffiront pour rendre raison de tous les phénomènes que présente le traitement des scories dans les hauts fourneaux.

1265. Il n'y a pas encore long-temps que les métallurgistes ont porté leur attention sur le traitement des scories. On les réduisait autrefois dans des feux de forge, et la loupe, demi-affinée, était refondue ensuite dans des feux brasqués; par la deuxième opération elle pouvait encore éprouver un déchet de 30 pour cent. A Uslar, où l'on a pratiqué cette méthode pour la première fois, les feux avaient 31 centim. de profondeur, 55 de largeur et 68 de longueur : la tuyère était très-plongeante. Le vent, faible au commencement de l'opération, recevait une plus grande vitesse vers la fin du travail. On employait 200 kilog. de scories pulvérisées pour une loupe qui pesait 50 kil. et qu'on refondait ensuite dans des feux brasqués. On n'obtenait que six loupes de ce poids par 24 heures.

En Suède, on a cru améliorer ce procédé en établissant sur le foyer une cuve circulaire de 1ᵐ,88 d'élévation, de 26 à 31 centim. d'ouverture au gueulard, et de 47 de largeur à la base. Le creuset garni de brasque, est construit de manière que la loupe peut en être retirée comme des stuckofen. On charge avec des baches dont chacune contient à peu près 25 kilog. de scories. On fait écouler de temps à autre le laitier. Au bout de deux heures et après six ou sept charges, on obtient une loupe du poids de 25 kilog. Le produit journalier est de 250 à 300 kilog. de fer, que souvent on ne peut étirer sous le marteau; il faut alors

Digitized by Google

le traiter encore dans les feux brasqués. D'après les relations de M. Blumof, on fait à Sœdersfors, dans 24 heures, trois fusions dont chacune donne une loupe de 100 kilog. On retire des scories 15 à 19 pour cent de fer et l'on consomme 23 mètres cubes de charbon par 1000 kilog.; mais il y a probablement erreur dans ces évaluations. La quantité de métal obtenue et la consommation de charbon ne peuvent se rapporter qu'au fer demi-affiné sorti des moyens fourneaux, et ce fer subit dans la seconde manipulation un déchet qui s'élève quelquefois à 30 pour cent.

L'emploi de ces bas fourneaux ne paraît donc avoir apporté aucune amélioration sous le rapport de la quantité des produits obtenus et de l'économie du charbon. Comme la fusion des scories est plus facile que leur réduction, il paraît que la hauteur du fourneau, insuffisante pour la formation de la fonte, était néanmoins assez grande pour que la liquéfaction ait pu s'effectuer et pour que la plus grande partie de ces oxides fût dérobée trop promptement à l'action du carbone et de la chaleur. Il fallait employer pour cette raison un vent faible et un foyer large, afin d'augmenter le produit. On suit le même principe en opérant dans des feux de forge.

C'est l'énergie avec laquelle l'oxigène est retenu dans les oxides passés à l'état vitreux, et la grande fusibilité de ces matières, qui s'opposent à leur affinage dans les bas fourneaux. Il vaut donc mieux les traiter dans les hauts fourneaux ordinaires. La méthode suédoise perfectionnée même, a été suivie une année entière à Ietlitz, dans la Silésie supérieure; on a changé le vent de différentes manières, sans parvenir à un résultat avantageux : les scories ne donnaient que 19 pour cent de fer demi-affiné, qu'on traitait ensuite soit dans des feux d'affinerie ordinaires, en l'ajoutant à la fonte, soit dans des feux brasqués

Digitized by Google

(1186) où le déchet était quelquefois de 47 pour cent; en sorte qu'elles ne rapportaient pour cent que $10\frac{1}{7}$ de fer en barres. On brûlait par 1000 kilog. de fer demi-affiné 27 mètres cubes de charbon, et dans le deuxième foyer on en brûlait 6 mètres cubes: ce qui faisait en somme une consommation de 57 mètres cubes de charbon par 1000 kilog. de fer en barres.

Ces mêmes laitiers traités dans les hauts fourneaux, ont donné 36 pour cent de fonte, qui correspondent à peu près à 26 pour cent de fer forgé, le déchet étant les $\frac{2}{7}$; ils ont donc produit $15\frac{6}{7}$ pour cent de plus que par l'affinage immédiat. On brûlait dans le haut fourneau 18,6 mètres cubes de charbon par 1000 kilog. de fonte obtenue, ou bien 26 mètres cubes pour la quantité de fonte qui donne 1000 kilog. de fer en barres. Il fallait en outre dans le feu d'affinerie 13,80 mètres cubes de charbon par 1000 kilog. de fer ductile. On consommait donc en somme 39.80 ou en nombre rond 40 mètres cubes de charbon par millier de fer forgé, ce qui fait 17 mètres cubes de moins que dans les bas fourneaux suédois. Nous remarquerons encore, au sujet des opérations que nous venons de citer, qu'en réduisant les scories dans le haut fourneau, on ne leur ajoutait pas assez de pierre calcaire. Le mélange était alors trop fusible et l'on était obligé de le charger en petite dose, eu égard au volume de charbon employé, afin d'opérer la réduction. Voilà ce qui occasionnait dans le haut fourneau cette grande consommation de combustible, qui s'élevait à 18,6 mètres cubes par 1000 kilog. de fonte: si l'on avait rendu le mélange des matières plus réfractaire, par une plus forte addition de pierre calcaire, on aurait pu le charger en plus grande dose par rapport au charbon, et l'on aurait fait une économie notable de combustible.

Les essais comparatifs cités par Marcher, prouvent également en faveur de la réduction des laitiers exécutée dans

Digitized by Google

les hauts fourneaux ou dans les flussofen de 18 pieds d'élévation.

Les scories doivent être ajoutées aux minérais avec beaucoup de précautions. En trop forte dose, elles traversent le charbon et blanchissent le fer cru, à moins que le mélange des matières ne soit rendu plus réfractaire par une plus forte addition de pierre calcaire. Le blanchîment de la fonte s'effectue dans ce cas par les scories qui, devenant liquides avant d'être réduites, agissent sur le fer et le décarburent. Lorsque le mélange des matières est moins fusible, on peut en augmenter la dose et obtenir encore de la fonte grise. Nous devons à M. Strom plusieurs essais en grand sur cet objet important. Il en résulte que par un mélange convenable de minérais, de fondans et de scories, on peut réduire ces dernières complétement et obtenir de la fonte grise. Les recherches intéressantes de M. Berthier conduisent au même résultat.

En traitant les scories dans le haut fourneau, on doit avoir égard au phosphore qu'elles contiennent, en plus ou moins grande quantité; et comme le sous-phosphate d'oxidule se réduit très-facilement et se change en fer phosphuré, la fonte se trouve chargée de ce corps qui exerce une influence si nuisible sur la qualité du fer ductile. On pourrait employer cette fonte pour le moulage, si elle était parfaitement grise; mais on aurait tort de l'affiner, si les scories employées provenaient d'un fer cru qui ne fût pas entièrement exempt de phosphore. C'est par cette considération que dans beaucoup d'usines où l'on ne fabrique que des fers en barres, on ne peut traiter les scories dans les hauts fourneaux.

Lorsque les scories sont riches en oxidule de fer, on peut les mêler en plus forte proportion au minérai, sans crainte de voir blanchir la fonte: dans ce cas on peut obtenir quelquefois de la fonte grise accompagnée d'un

Digitized by Google

autres par un triage à la main, le bocarder, le griller *en y ajoutant beaucoup de fraisil*, l'arroser avec de l'eau, le répandre sur une surface inclinée et l'exposer pendant plusieurs années à l'influence atmosphérique pour en dégager les sulfures; mais les bénéfices se trouvent alors bien diminués. On ne peut donc soumettre à ce traitement que les minérais dont la grande richesse offre le dédommagement de ces opérations longues et dispendieuses.

Si le minérai donne un fer cassant à froid, comme certains minérais terreux limoneux, on le prépare par le lavage, afin d'en ôter le sable adhérent; séché ensuite à l'air, on le passe au crible, avant de le livrer aux hauts fourneaux. Il en est aussi qui ont besoin d'être grillés, pour perdre la force de cohésion, bocardés et exposés long-temps à l'air atmosphérique, quand ils renferment de l'eau, de l'acide carbonique et des pyrites; mais le contenu d'acide phosphorique ne peut en éprouver aucune diminution. Les minérais qui contiennent du phosphore doivent être traités pour fonte grise, et l'affinage de cette dernière doit s'effectuer d'après la méthode allemande.

Un excellent moyen d'affiner la fonte grise phosphoreuse pour en retirer de bon fer, c'est de la faire fondre devant la tuyère sans aucune addition de scories et de manière à lui conserver, le plus long-temps qu'il est possible, presque tout son contenu de carbone; ce moyen est dispendieux, mais il conduit au but proposé, en faisant passer le phosphore dans les scories. On répète un grand nombre de fois le soulèvement de la masse et l'on répand sur le métal, après chaque soulèvement, 5 à 10 pour cent de pierre à chaux, très-pure, réduite en poussière. C'est la meilleure correction qu'on puisse apporter au défaut de cette espèce de fer; il peut alors devenir très-bon, sans pourtant acquérir une qualité supérieure. Au reste, le meilleur parti qu'on puisse tirer de la fonte de fer tendre qui, en général,

Digitized by Google

est très-liquide, c'est de l'employer pour la fabrication des objets moulés, si toutefois on peut se procurer le débit de ces marchandises.

DEUXIÈME DIVISION.

DU DÉGROSSISSEMENT DU FER.

1267. Le fer en barres, tel qu'il sort de la main des affineurs, est versé dans le commerce sous le nom de fer marchand, pour être mis en œuvre. En le livrant sous cette forme, le sydérurgiste praticien semble avoir accompli sa tâche. Mais l'artisan ne pourrait l'employer dans bien des cas, sans éprouver des pertes considérables de main-d'œuvre et de combustible; souvent même il ne pourrait l'amincir convenablement. On est donc obligé de l'étirer dans les usines et de lui donner les dimensions réclamées par les arts, d'autant plus que ces sortes de fabrications faites en grand, deviennent alors plus économiques.

Les dimensions du fer marchand varient selon les pays; cependant on le divise partout en fer carré et en fer plat. Les fers ronds, demi-ronds, à huit pans, se trouvent plus rarement dans le commerce; il faut presque toujours les commander exprès et les payer plus cher.

Voici le tableau des échantillons de fer marchand que les affineurs sont obligés de fournir dans les usines royales de la Prusse:

Digitized by Google

DÉSIGNATION DES FERS.	LARGEUR EN POUCES DU RHIN.	EPAISSEUR EN POUCES DU RHIN.	DÉSIGNATION DES FERS.	LARGEUR EN POUCES DU RHIN.	EPAISSEUR EN POUCES DU RHIN.
Fer carré.	3 1/2	3 1/2	Fer plat.	3	3/8
—	3	3	—	2 7/8	3/4
—	2 7/8	2 7/8	—	2 7/8	3/8
—	2 3/4	2 3/4	—	2 3/4	5/8
—	2 5/8	2 5/8	—	2 1/2	3/4
—	2 1/2	2 1/2	—	2 1/2	3/8
—	2 1/4	2 1/4	—	2 1/4	5/8
—	2	2	—	2 1/4	3/8
—	1 7/8	1 7/8	—	2 1/8	3/8
—	1 3/4	1 3/4	—	2	1/2
—	1 1/2	1 1/2	—	1 7/8	5/8
—	1 1/4	1 1/4	—	1 7/8	3/8
—	1	1	—	1 3/4	5/8
—	7/8	7/8	—	1 3/4	3/8
—	3/4	3/4	—	1 5/8	3/8
Fer plat.	6	1/2	—	1 1/2	5/8
—	5	1/2	—	1 1/2	5/8
—	4	1/2	—	1 3/8	1/2
—	4	3/8	—	1 3/8	3/8
—	3 1/2	1/2	—	1 1/8	3/8 *

La fabrication des petits échantillons exige plus de main-d'œuvre et de temps pour le forgeage, diminue la quantité

* Les derniers de ces échantillons qui sont extrêmement faibles, seraient comptés dans nos usines comme fers platinés, et ne pourraient se fabriquer dans la grande forge, parce que nos marteaux pèsent 300 à 350 kilog. LT.

Digitized by Google

des produits obtenus dans un temps donné, prolonge la fusion, augmente la consommation de charbon et même le déchet, parce qu'on est obligé de porter les barres plus souvent au feu pour les étirer.

1268. Les fers dont les dimensions sont au-dessous de celles que nous venons de citer, rentrent dans la classe des fers platinés. On les divise en carillon, en bandelette et en verge crénelée; il existe encore une autre espèce de fer de petit échantillon, c'est la verge fendue.

Les barres de la première espèce n'ont souvent que trois lignes d'équarrissage; celles de la deuxième n'ont quelquefois que 9 lignes de largeur sur 2 lignes d'épaisseur.

Le dégrossissement du fer comprend aussi sa conversion en fil d'archal, en tôle et en fer-blanc, attendu que ces objets doivent être considérés comme matières premières employées par différens artisans.

Mais la fabrication des faux, des scies, des pelles, des faucilles, des aiguilles, des couteaux, des clous, des fers à cheval, des ancres et en général de tous les outils ou instrumens dont la forme est achevée et qui peuvent servir immédiatement aux besoins de l'acheteur, ne sont pas du ressort de la sydérurgie. Ces sortes d'objets se confectionnent dans des manufactures particulières.

DES FERS PLATINÉS ET FENDUS.

1269. Le fer se convertit en barres minces ou sous les marteaux à bascule appelés *martinets* et *macas*, ou au moyen des cylindres et des fenderies.

On a été obligé de séparer du travail de l'affinage l'étirage du fer en barres minces, afin que la première de ces opérations ne fût point gênée par la deuxième qui, d'après les anciens procédés, s'exécute sous les marteaux.

Lorsqu'on étire le fer entre les cylindres, les deux opérations peuvent se suivre et s'exécuter dans la même usine. Les bidons ou bâtards, chauffés une fois seulement, se convertissent dans ce cas en fer carré ou fer plat de toutes espèces ou même en verges fendues.

1270. L'échantillon des barres de fer qu'on veut fabriquer détermine la forme du martinet. Pour ne pas le démancher trop souvent, on le coule de manière à pouvoir changer la panne qui s'enchâsse dans le marteau et qui peut en être retirée facilement : il en est de même de l'enclume qui porte une *chabotte*. De cette manière on fabrique avec le même marteau des barres plus ou moins larges du fer rond, demi-rond, sphérique (des balles de fer battu) ou demi-sphérique, etc.

1271. Si la panne est étroite, le marteau produit plus d'effet et le travail en est plus rapide. Les platineurs habiles donnent toujours peu de largeur à la panne qui, pour le carillon, doit pourtant être égale à l'épaisseur de la barre : plus étroite pour la verge crénelée, elle doit être plus large, si l'on veut forger de la bandelette *.

Il faut que les fers platinés aient les arêtes très-vives, les surfaces unies et les angles droits : cette régularité dans la forme, qui d'ailleurs plaît à l'œil, est souvent très-nécessaire pour l'emploi auquel ce fer est destiné. Les enfoncemens de la verge crénelée doivent être aussi à angles droits, ce qui exige une certaine adresse de la part de l'ouvrier.

La table de l'enclume et la panne du marteau se confectionnent en acier d'une dureté moyenne. On les trempe et on les polit ensuite sur la meule.

* La panne du martinet à verge crénelée est cylindrique. Le T.

Digitized by Google

1272. On donne aux martinets une extrême rapidité de mouvement, pour étirer par chaque chaude une grande longueur, afin d'économiser le temps, le charbon et le fer. Les deux cornes de la *hulse* ne doivent pas être courtes, pour qu'il soit plus facile de faire coïncider la table de l'enclume avec la panne du marteau, ce qui est un point essentiel. Le rapport des deux parties du manche mesurées depuis l'axe de rotation, est rarement plus petit qu'un sixième; on obtient par conséquent la vitesse voulue en augmentant le diamètre du collier et le nombre des cames.

1273. On chauffe le fer dans des feux pourvus d'une machine soufflante, en le tenant toujours au-dessus du vent. L'étirage ne peut s'exécuter avec assez de promptitude pour qu'on puisse employer les fours à réverbère. Le foyer doit être rétréci le plus possible; on ferait bien de le couvrir d'une voûte pour ne pas faire une trop grande consommation de charbon. En se servant de houille, on doit préférer celle qui est collante : la tourbe, si l'on en fait usage, ne doit pas laisser une trop grande quantité de cendres. Si le chauffage est bien exécuté, le fer ne peut jamais couler dans le creuset en s'oxidant; le déchet ne doit donc provenir que des battitures qui se forment pendant le travail, d'autant plus que le degré de température d'une bonne chaude, est placé entre la chaleur rouge et le blanc soudant. C'est déjà une preuve de maladresse, si le chauffeur se voit forcé de jeter du sable ou des scories sur le fer pour en empêcher la combustion *.

* On délivre souvent aux platineurs des fers mal ou sur-affinés qui doivent recevoir nécessairement une chaude suante. Mais au lieu d'employer le sable pour les défendre contre l'oxidation, on fait bien mieux de se servir des battitures qui tombent sous le martinet. Le fer est quelquefois aigri par le sable, parce qu'il se combine probablement avec un peu de silicium ou avec d'autres matières nuisibles à sa qualité.

Digitized by Google

Au lieu d'exciter la combustion du charbon par le vent des machines soufflantes, on emploie très-avantageusement les fours dormans (Pl. V, Fig. 4 et 5), qui sont activés par un courant d'air libre. Le fer reposant sur le combustible qui est répandu sur la grille, acquiert très-facilement la chaleur rouge. La porte du travail par laquelle on introduit le charbon et le métal, s'abaisse par son poids ou se lève plus ou moins au moyen d'un levier à deux branches. Quand on emploie de la houille pour combustible, il est nécessaire qu'elle soit d'abord embrasée avant qu'on introduise les barres de fer dans le foyer.

1274. Un martinet activé pendant le jour seulement occupe deux ouvriers, le platineur et le chauffeur. Le chauffage, abandonné souvent à des apprentis, exige les plus grands soins pour que le platineur ne soit jamais obligé d'attendre, que les barres ne restent pas trop froides et qu'elles ne soient pas trop exposées au vent. Il ne faut pas que la compression des charbons puisse empêcher le passage de l'air ni que les interstices laissés entr'eux favorisent l'oxidation du métal. Il est surtout essentiel qu'il n'y ait jamais qu'une seule barre qui se trouve à la température voulue, et que les autres atteignent successivement le même degré de chaleur, qui doit être entre le rouge et le blanc soudant: il faut avoir beaucoup d'habitude pour le saisir.

Si l'on travaille nuit et jour, on emploie deux platineurs et deux chauffeurs, qui se relèvent de douze heures en douze heures.

Quoi qu'il en soit, nous avons toujours obtenu de meilleurs résultats en faisant usage de battitures. On devrait d'ailleurs donner des chaudes intenses approchant du blanc de lune, afin que les barres pussent être parées à chaud. Le T.

Digitized by Google

Les *bidons* ou *bâtards*, c'est ainsi qu'on appelle le fer considéré comme matière première, ont ordinairement 30 à 40 millimètres d'équarrissage, et 80 à 90 centimètres de longueur : on les étire d'abord au milieu. On donne par conséquent trois chaudes au moins, pour achever une barre ; souvent même on est forcé d'en augmenter le nombre. Le platineur, assis sur un banc mobile, tient d'abord le fer avec des tenailles et le saisit ensuite avec les mains. Le chauffeur a toujours cinq à six barres dans le feu : il les apporte successivement et les place sous le marteau. Au bout de deux heures, on fait une légère pause, tant pour se délasser que pour examiner et réparer les barres forgées.

On divise ordinairement le carillon, la bandelette et la verge crénelée en trois classes, d'après leurs dimensions. Les petits échantillons sont bottelés et pesés avec les liens : le poids des bottes varie selon les usages suivis.

1275. Les ouvriers, s'ils sont adroits, peuvent diminuer beaucoup la consommation de combustible. On leur passe $4^{m.cub}$,80 de charbon de bois ou $0^{m.cub}$,54 de houille par 1000 kilog. de fer forgé, et avec ces données ils sont à même de faire des bénéfices. Le déchet ne doit jamais dépasser 5 pour cent, quelque petits que soient les échantillons demandés. Il ne s'élève pour les gros échantillons qu'à 2 et demi, et souvent même qu'à 1 et demi pour cent. La quantité de fer qu'on platine dans un temps donné, dépend non-seulement des dimensions exigées, mais aussi de la qualité des bidons ; on peut fabriquer par semaine, 1800 kilog. des plus petits échantillons et 3000 en travaillant jour et nuit.

La tourbe peut servir dans les feux de platinerie, parce que la chaleur ne doit pas être très-intense ; on peut aussi compter sur $4^{m.cub}$,80 de ce combustible par 1000 kilog. de fer, lorsqu'il est de bonne qualité.

Digitized by Google

DES FENDERIES.

1276. La lenteur de l'étirage effectué au marteau, la nécessité de porter le fer à plusieurs reprises dans le feu, le déchet du métal, la consommation de charbon qui en résulte, et même la difficulté d'obtenir des verges crénelées de dimensions exactes, ont fait naître l'idée de passer le fer d'abord entre des cylindres et de le fendre ensuite dans le sens de sa longueur. Les verges obtenues de cette façon remplacent avantageusement le fer crénelé dont il ne faut pas regretter la forme particulière, parce que dans beaucoup de circonstances elle est plutôt nuisible qu'utile.

Il paraît que les fenderies ont été inventées en Lorraine, vers le milieu du 17e siècle. Les bidons destinés à être fendus sont le plus souvent larges et plats; leur épaisseur est beaucoup plus forte que celle de la verge qu'on veut fabriquer. On les amincit en les passant une ou plusieurs fois entre des cylindres appelés *espatards;* ils s'alongent alors, gagnent un peu en largeur et se changent en une lame d'une épaisseur égale à celle du fer fendu qu'on veut obtenir.

Quand on emploie des bidons carrés, on est obligé de les étirer entre des cylindres cannelés, recevant le mouvement par la même machine qui le donne aux découpoirs; c'est d'ailleurs la meilleure méthode de fabrication. Plus on obtient de verges à la fois, plus le travail s'exécute rapidement, mais on est alors obligé d'employer un grand nombre de taillans, qu'on ne peut assembler avec assez de solidité.

Les *découpoirs* se composent de deux trousses; ce sont deux séries de taillans circulaires, faits en acier ou en fer aciéré, fixés d'une manière invariable sur deux arbres

Digitized by Google

de fer forgé. Pour consolider le système et pour maintenir les disques dans leur position respective, on place entre eux de *fausses rondelles* beaucoup plus petites que les autres et percées comme celles-ci, de cinq trous, dans lesquels on passe l'arbre et quatre broches qui lui sont parallèles. L'épaisseur de ces taillans ainsi que la distance qu'ils laissent entre eux, sont égales l'une et l'autre à la largeur du fer fendu. Si, par exemple, on voulait fabriquer du fer fendu de 20 millimètres de largeur sur 7 millimètres d'épaisseur, il faudrait laminer le fer à cette épaisseur, et employer des trousses dont les taillans et les rondelles auraient 20 millim. d'épaisseur.

Les fausses rondelles, qui ne servent à autre chose qu'à déterminer les intervalles entre les taillans, ont 16 à 20 centim. de diamètre : ceux-ci en ont 26 à 30, et ils entrent de 20 millim. dans les intervalles, de manière que leur distance aux fausses rondelles qui leur correspondent est à peu près de 8 centimètres. Dans cet espace laissé entre le taillant et la rondelle, on place de champ une lame soit droite soit de forme angulaire (Pl VI, Fig. 5), appelée *fourchette* ou *lunette*. Immobile pendant le mouvement de la machine, elle n'a d'autre fonction que d'empêcher les verges de se rouler autour du cylindre, et de les faire sortir en ligne droite. Plus on agrandit le diamètre des taillans, plus on accélère le travail, mais ils sont alors plus difficiles à confectionner. Pour monter une trousse, on assemble les taillans, les fausses rondelles et des plaques latérales avec les quatre broches; on les serre à l'aide de vis et d'écrous ou au moyen de clavettes, et l'on passe ensuite tout le système sur l'arbre. Au reste ces assemblages peuvent varier de différentes manières.

Il est évident que les deux trousses adaptées à deux arbres parallèles, doivent recevoir des mouvemens en sens inverse et se pénétrer de manière que les pleins de l'une

Digitized by Google

remplissent parfaitement les intervalles de l'autre. Les fausses rondelles qui n'éprouvent aucune fatigue, pourraient être confectionnées en fonte et polies ensuite sur la meule.

Le nombre des taillans dépend de la largeur que doit avoir le fer fendu; il faut donc confectionner d'avance des trousses particulières pour les divers échantillons. La largeur des lames n'excède jamais 13 centimètres; si elles étaient plus larges, il serait difficile de monter la machine avec assez de précision, et de donner à tout le système la solidité convenable.

Si l'on voulait fendre, par exemple, une lame en cinq barres, il faudrait armer l'arbre supérieur de quatre taillans et l'autre de trois; la trousse supérieure aurait alors trois intervalles et l'inférieure en recevrait deux. En général le nombre des fausses rondelles est impair et la trousse supérieure en a toujours une de plus que l'autre. Il s'ensuit que les lames ne sont fendues que suivant les nombres impairs, en 3, 5, 7, 9, 11, 13, etc., parties.

On peut se faire une idée assez exacte d'une fenderie par les Fig. 1, 2 et 3, Pl. V, et les Fig. 4 et 5, Pl. VI.

La fenderie dont le dessin est représenté par la Pl. V, fonctionne depuis plusieurs années sans avoir exigé de grandes réparations. La Fig. 1 est une projection verticale sur un plan parallèle aux axes des cylindres; la Fig. 2 est une projection horizontale, et la Fig. 3, une projection verticale sur un plan perpendiculaire aux axes.

Les châssis ou cages sont établis de la manière la plus solide; les traverses AA sont mobiles et peuvent s'enlever facilement, lorsqu'on veut changer les trousses ou les cylindres.

Par les Fig. 4 et 5, Pl. VI, on peut se rendre raison de la forme des arbres et des moyens qu'on emploie pour consolider l'assemblage. Les taillans et les rondelles sont

Digitized by Google

pourvus de crans *n*, *n*, qui correspondent à des creux semblables ménagés dans les arbres; on y introduit des barres de fer qui empêchent le système de tourner sur les arbres. Les deux plaques latérales *b*, *b*, Fig. 4, appuient contre des rebords *k*, *k* dont la face de jonction est travaillée sur le tour. Après avoir posé ces plaques, on met alternativement sur chaque arbre les taillans et les fausses rondelles, ayant soin de les consolider avec des coins et de poser sur chacune de ces dernières une fourchette ou lunette *ee* (Fig. 5), dont le but est de faire sortir la verge en ligne droite; on finit par les plaques *d*, *d* (Fig. 4), qui retiennent tout l'assemblage dans une position invariable. Pour cet effet, on pratique dans chaque arbre, normalement à sa surface, quatre trous taraudés qui reçoivent quatre vis *o*, *o*. Ces dernières sont munies aussi de trous taraudés et traversées par des vis de pression *p*, *p*, qui s'appuient sur les plaques *d*, *d* et les empêchent de sortir de leur direction. *g*, *g* sont les tourillons qui se meuvent dans les empoises, et *h*, *h* sont leurs prolongemens par lesquels ils communiquent avec l'arbre qui reçoit le mouvement de la force motrice.

Les arbres de la fenderie que nous venons de décrire sont en fer forgé. Les taillans sont en fer ductile, aciéré vers la circonférence; on les recuit jusqu'à la couleur bleue. Les fourchettes sont aussi aciérées au côté où s'exécute le frottement. Devant les découpoirs se trouvent des guides, pour donner la direction aux lames de fer qu'on veut fendre et pour faciliter d'ailleurs le travail des ouvriers. Les autres détails sont suffisamment indiqués par le dessin.

1278. Le travail des fenderies est très-simple: on chauffe le fer un peu au-dessous du blanc soudant, on lui donne l'épaisseur voulue au moyen des espatards ou des cylindres

Digitized by Google

cannelés, et on le fait passer tout de suite entre les découpoirs. L'ouvrier reçoit et soutient les verges au moyen d'un crochet, dès qu'elles paraissent du côté opposé.

1279. Anciennement on chauffait le fer dans des feux de forge, en donnant le vent par plusieurs tuyères, afin que la barre pût acquérir dans toute sa longueur une chaleur uniforme: cette méthode est entièrement abandonnée.

Les fours à réverbère qu'on emploie pour chauffer les bâtards, doivent être construits de manière que le tirage ne soit pas très-fort et que l'air atmosphérique n'y pénètre qu'en petite quantité. Pour cet effet, il faut rendre l'ouverture du rampant très-petite, eu égard à l'étendue de la grille : c'est d'ailleurs un moyen de concentrer la chaleur dans le foyer; mais pour pouvoir la graduer et la proportionner à la grosseur des bidons, on adapte un tiroir à la partie inférieure de la cheminée, afin qu'on puisse l'ouvrir de la quantité jugée nécessaire *.

Quand le fer a pris la température voulue, on ferme le cendrier et la cheminée, et on laisse échapper la flamme par la porte du travail ou par une autre ouverture pratiquée à côté de celle-ci pour la commodité des ouvriers.

L'emplacement le plus convenable de la porte du travail est vis-à-vis de la chauffe, de sorte que les barres sont placées dans le sens de la longueur du fourneau. Cette porte, pourvue de contre-poids et glissant dans une coulisse, doit pouvoir s'élever et s'abaisser avec facilité.

La voûte du four doit être surbaissée autant qu'il est

---

* Le tiroir peut être remplacé aussi par un registre adapté à la partie supérieure de la cheminée : cette disposition entraîne peut-être à une plus grande perte de chaleur, mais elle paraît être plus commode pour les ouvriers. Le T.

Digitized by Google

possible, surtout quand on fait usage de bois pour combustible. L'ouverture intérieure de la cheminée est très-près de la porte du travail, afin que la flamme puisse traverser le foyer dans toute la longueur : pour la répartir plus également, on lui ménage deux issues, qui se réunissent ensuite à la cheminée par deux canaux séparés. Souvent aussi on fait circuler le rampant autour du foyer, pour perdre moins de chaleur.

Les bidons, au lieu d'être placés immédiatement sur la sole, sont posés sur des chenets de fonte ou de briques qui, espacés de 32 centim., ont 8 centim. d'épaisseur.

En Belgique et dans les provinces rhénanes, on remplace très-avantageusement les fours à réverbère par les fours appelés *dormans*, dans lesquels le fer se trouve placé sur le combustible : l'un et l'autre sont introduits dans le foyer par la porte du travail servant aussi d'issue à la fumée et à la flamme qui, de là, se rendent dans la cheminée. L'effet du combustible est d'autant plus fort que la voûte est plus surbaissée. Ces foyers présentent une grande économie de houille, et le fer s'y trouve moins exposé à l'oxidation qu'il ne le serait dans les fours à réverbère.

1280. On fait rougir le four à réverbère avant de le charger; sa capicité et la quantité de bidons que l'on chauffe à la fois, dépendent du degré de force de la machine employée. Dès que le chargement est achevé, on doit tirer les registres, chauffer le fer avec rapidité et en porter la température près du blanc soudant. On ferme ensuite la cheminée ainsi que le cendrier, on laisse échapper la fumée par l'ouverture pratiquée pour cet effet dans le foyer et l'on procède au travail : on ne doit jamais ouvrir la chauffe pour diminuer le tirage. Après avoir enlevé une barre du foyer, on le referme à l'instant. La quantité de fer chauffé à la fois est limitée, parce que les dernières barres finiraient par se

refroidir avant de passer entre les espatards, attendu que le courant d'air est intercepté et que la chaleur se dégage abondamment par la porte du travail. Il existe donc une relation entre la quantité de fer placée dans le four, l'effet de la machine, la grosseur des bidons et les dimensions de la verge qu'on veut obtenir : on doit, sous ce rapport, consulter l'expérience. Lorsque toutes les barres sont étirées et fendues, on se hâte de remplir le fourneau une seconde fois, de tirer les registres, d'ouvrir le cendrier, de donner un coup de feu vif, etc. Il s'ensuit un instant de repos dont les ouvriers profitent pour examiner et pour trier le fer fendu.

Le travail de la fenderie présente d'autant plus d'avantage que la chaleur produite par le four est plus rapide et que le fer est moins exposé à l'influence de l'air atmosphérique. Vouloir travailler sans discontinuation, et remplacer les barres à mesure qu'on les ferait sortir du foyer, ce serait suivre évidemment une méthode défectueuse ; mieux vaut dans ce cas employer deux fours, si la machine peut débiter une assez grande quantité de fer dans un temps donné : les panses sont alors moins grandes.

Quand on fait usage des fours dormans, on introduit le fer dans le foyer, après que la houille est embrasée ; mais on ne charge à la fois que la quantité de barres qu'on peut chauffer sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter du combustible frais ; on ne renouvelle le chargement de houille qu'après avoir fendu tout le fer contenu dans le four.

1281. On ne peut fendre le fer rouverin ; mais le fer tendre subit parfaitement cette opération. Il est souvent demandé par le commerce pour la fabrication des clous et pour d'autres objets, parce qu'il se travaille avec la plus grande facilité. Cependant le fer fendu ne devrait, dans aucun cas, être tellement cassant à froid qu'on ne pût à

Digitized by Google

deux reprises différentes le courber à angle droit et le redresser sans occasionner de rupture : il en existe beaucoup qui supporte à peine une seule fois cette épreuve.

Si toutes les dispositions se trouvaient bien prises ; si le four et la machine produisaient l'effet voulu, le déchet dû à l'oxidation ne devrait pas s'élever au-dessus d'un pour cent.

DE LA FABRICATION DU FIL D'ARCHAL.

1282. Le fer destiné aux tréfileries doit être très-tenace ; s'il était cassant, mal soudé ou pailleux, il ne faudrait jamais l'employer dans ces ateliers. Légèrement rouverin, il pourrait servir plutôt que s'il était cassant à froid. Le fer fort et dur est préférable au fer nerveux et mou dont les fibres donnent lieu à des fentes longitudinales qui peuvent causer la rupture. Cependant le fer dont le nerf est très-blanc, peut encore servir avantageusement pour la confection d'un fil d'archal qui ne doit pas offrir beaucoup d'élasticité. Quant au fer dont les filamens offrent une couleur sombre, on doit le rejeter dans tous les cas. Le fer de première qualité, celui qui est fort et dur donne un excellent fil d'archal ; mais il faut le traiter avec beaucoup de précautions, on doit le passer avec peu de vitesse par la filière, et corriger son aigreur par des recuits nombreux.

1283. Le fil de fer doit avoir une cassure claire et crochue : une couleur sombre, une excavation à l'un des bouts et une pointe en forme de cône à l'autre, sont des signes auxquels on reconnaît un fer cassant et mou qui d'ailleurs se rompt fréquemment pendant l'étirage. Il faut en outre pouvoir plier le fil d'archal et le replier à plusieurs reprises sans occasionner ni ruptures ni fentes, et sans que pour cet effet on ait besoin de le recuire. Confectionné

Digitized by Google

avec du fer rouverin, il offre souvent des solutions de continuité dans le sens de la longueur. En général, on ne doit employer dans les tréfileries que du fer tenace; il faut éviter surtout le fer mou et cassant, parce qu'il donne un fil qui, sans être flexible, est dépourvu d'élasticité. Si le fil avait des endroits alternativement durs et mous, le fer employé serait de mauvaise qualité. Les rayures, le manque de rondeur et de poli proviennent des défauts de la filière et de trous mal percés.

1284. Dans les tréfileries allemandes on se sert communément de la verge crénelée (*du forgis*), quoique la forme de ces barres soit précisément celle qui convient le moins à la fabrication du fil d'archal, car il faut commencer d'abord par faire disparaître les crénelures. Elles sont nuisibles en ce qu'elles dérangent la texture du fer, qu'elles produisent des pailles et des fentes. On a voulu remplacer le *forgis* par le fer fendu, mais ce dernier a donné encore un plus grand nombre de bouts rompus; il ne faut en chercher la cause que dans la direction de ses fibres qui sont obliques par rapport à la longueur du fer, parce que la barre qui passe entre les espatards s'étend dans les deux dimensions. On peut corriger ce vice en reforgeant la verge sous le martinet; mais, pour éviter cette double opération, il vaut mieux étirer les bidons livrés aux fenderies, au moyen des cylindres cannelés.

1285. Un excellent moyen de préparer ou d'ébaucher le fer destiné aux tréfileries, c'est de le passer par des cannelures circulaires. On fabrique ainsi les plus gros numéros de fil, qui livrés ensuite aux *tireurs*, sont convertis en fils plus minces. Il serait facile de trancher ces sortes de cannelures dans les espatards des fenderies. Mais il vaut infiniment mieux bannir de la fabrication du fil d'archal l'usage

Digitized by Google

de cette machine, qui dans ce cas produit toujours sur le fer des effets pernicieux.

Nous exposerons d'abord les méthodes anciennes et nous ferons voir plus tard l'avantage qui résulte des procédés nouveaux par l'emploi des cylindres cannelés.

1286. Le mécanisme des tréfileries est très-simple; on fait passer les verges *appointées* par plusieurs trous pratiqués dans une plaque d'acier qu'on nomme filière. Ces trous sont parfaitement ronds, le diamètre du dernier est égal au fil qu'on veut obtenir.

Le fer tiré à travers la filière s'aigrit comme s'il était martelé à froid* il faut donc l'adoucir en le chauffant au rouge avant de le tirer en fils plus minces. Ces recuits successifs sont exigés seulement jusqu'à ce qu'il soit parvenu à un certain degré de finesse : passé ce point, on peut l'achever sans le reporter au feu. Le nombre des recuits dépend de la nature du métal employé; on est obligé de le recuire d'autant plus souvent qu'il est plus dur.

Comme les fils passent successivement par tous les trous intermédiaires, il s'ensuit que leurs prix, fixés d'après le poids, augmentent en raison inverse de leurs diamètres.

1287. Rinmann chercha un rapport entre le poids et l'épaisseur des différens numéros de fils de fer fabriqués dans les diverses usines; mais il s'aperçut bientôt que les

---

* Mais remarquons que ce fer acquiert du nerf en aigrissant, et qu'il n'en devient que plus impropre au travail de la filerie, parce que les fibres ont en général peu de cohésion entre elles : l'expérience journalière le prouve, puisque, pendant le forgeage des barres, la moindre cavité de l'enclume occasionne dans le fer nerveux des fentes longitudinales. Il s'ensuit que les molécules d'un filament, n'adhérant pas avec assez de force à celles d'un autre, ne peuvent les suivre pendant l'étirage; de sorte que la rupture devient immanquable. Le T.

Digitized by Google

poids d'un même numéro sorti de la même fabrique n'étaient pas égaux. Prenant ensuite les fils qui provenaient de fabriques diverses, il obtint, en examinant toujours des longueurs constantes, des variations bien plus fortes encore entre les poids. Ces différences résultent 1° de la variété dans les pesanteurs spécifiques du fer considéré comme matière première; 2° des changemens introduits dans la pesanteur spécifique par le tirage et l'intensité du recuit; 3° des trous de la filière qui n'ont pas toujours rigoureusement les dimensions prescrites et qui s'élargissent d'ailleurs par le travail. Les inégalités du diamètre des fils qui en proviennent, échappent à la vue, mais ils se manifestent par les poids. Il suit de là, qu'en donnant la longueur et le poids d'un fil de fer, on ne peut en déduire l'épaisseur avec une grande exactitude.

1288. On a presque dans chaque tirerie, une manière particulière de désigner les diverses espèces de fils, ce qui rend presque impossible la comparaison entre les diamètres. Pour les connaître, il faut les calibrer. Il serait à souhaiter que ces désignations vagues fussent remplacées par des numéros correspondants à des épaisseurs déterminées et constantes pour toutes les tireries. Les fabriques qui disposeraient d'un fer plus tenace, auraient un plus grand nombre de numéros que celles où l'on emploierait un fer d'une qualité moindre, ce qui ne détruirait pas le système d'uniformité que nous proposons. Il existe à la vérité, pour les diverses espèces de fil d'archal, des qualifications usitées généralement et qu'on ne pourrait supprimer sans inconvéniens; mais il faudrait y joindre des numéros qui donneraient les épaisseurs en centièmes de pouce.

On doit avoir dans chaque atelier un compas de précision, pour mesurer l'épaisseur des fils et vérifier la grandeur des trous de la filière. Cette précaution si essentielle est

Digitized by Google

négligée dans la plupart des fabriques; c'est une des causes de la grande variation qu'on trouve souvent dans la même espèce de fil. Ce compas, composé de quatre branches, dont les petites doivent former tout au plus la dixième partie des branches supérieures armées d'un arc de cercle, indique l'épaisseur des fils avec une précision rigoureuse. Il est inutile d'ajouter que la charnière de cet instrument doit être confectionnée avec le plus grand soin.

Dans les usines allemandes, les tireurs se servent de calibres pour mesurer le diamètre des fils. Ces calibres se composent d'une lame de fer qui a une ligne d'épaisseur, et dans laquelle on a pratiqué une série de crans, portant chacun le signe affecté au diamètre du fil qui lui correspond. Cet instrument grossier peut guider l'ouvrier, mais il ne donne pas l'épaisseur du fil avec une grande précision.

1289. La beauté et la perfection du fil dépendent particulièrement de la filière. Si cet instrument est très-dur et si les trous sont parfaitement circulaires, le fil en devient plus égal et plus lisse. On donne à ces ouvertures la forme d'un cône tronqué, pour faciliter le travail et l'extension du fer, en le faisant passer successivement dans un espace de plus en plus resserré. On se sert, pour faire la filière, de l'acier le plus dur fondu dans une boîte ou sur une plaque de fer, pour lui donner plus de solidité; cette boîte a 32 centim. de longueur, 8 de largeur, 13 millim. d'épaisseur aux parois et 26 millim. de rebord. On la remplit avec des morceaux concassés d'un acier très-dur appelé *acier sauvage*, et qui se rapproche du fer cru. On peut employer aussi, comme on le faisait anciennement et comme on le pratique encore dans plusieurs usines, de la fonte blanche obtenue par un refroidissement subit: et il s'agirait de savoir si les filières faites avec cette fonte ne sont pas plus dures que les autres.

Digitized by Google

On chauffe la boîte remplie d'acier sauvage ou de fonte blanche et couverte d'un linge trempé dans de l'eau argilée, devant la tuyère d'un feu de forge, jusqu'à la température de la fusion; le linge, préparé de cette manière, résiste quelque temps à l'action du feu, empêche le contact du charbon et laisse sur le fer un enduit d'argile formant une légère couche de scories, qu'on enlève soigneusement de la masse avant de la forger. On est quelquefois obligé de la retirer du feu à plusieurs reprises, pour réunir et souder les différens morceaux à coup de marteau; mais on ne procède à l'étirage que lorsqu'on s'aperçoit que les morceaux de fonte ou d'acier, parvenus d'abord à l'état pâteux ne pouvant devenir entièrement liquides, ne forment plus entr'eux et avec le fer qu'une seule masse. On étire la boîte jusqu'au double de sa longueur; on laisse refroidir la pièce et on la perce plus tard.

Cette préparation des filières exige de la part du forgeron, beaucoup d'habitude jointe à une connaissance parfaite de la nature et de la fusibilité des matières employées, ainsi qu'une certaine dextérité, pour qu'il agisse toujours de la même manière; il est évident que les propriétés de la pièce obtenue sont modifiées plus ou moins par la proportion de l'acier et du fer, par la durée de la chaude et par l'action de l'air atmosphérique sur le métal. Si la filière était trop dure et trop aigre, on pourrait l'adoucir en la recuisant long-temps sous une légère couche d'argile ou d'autre substance: dans le cas opposé, il n'y aurait point de remède.

La grande ouverture des trous est dans le fer doux, la petite, dans l'acier. On devrait toujours percer le fer au foret et à froid, afin qu'on pût traverser l'acier avec un poinçon, en ne chauffant la filière qu'une seule fois. Cette dernière opération s'exécute à la chaleur rouge le plus vite qu'il est possible; on ne perce les filières qu'au moment où

Digitized by Google

l'on veut s'en servir. Il faut employer un poinçon d'acier, de forme conique à l'un des bouts et se terminant par un cylindre, dont le diamètre est égal à celui du fil qu'on veut obtenir. Cependant, il n'en est pas toujours ainsi; dans la plupart des usines on se confie à tort au coup-d'œil des ouvriers; ils font usage d'un poinçon conique, qu'ils enfoncent plus ou moins et qu'ils font servir à plusieurs trous de grandeurs différentes.

La dureté des filières, la rondeur des trous et la précision de leurs calibres, sont de la plus haute importance dans la fabrication du fil de fer. Une filière qui pécherait par un excès de dureté, pourrait être corrigée par le grillage; mais le défaut opposé ne comporte aucun remède: il faut l'éviter soigneusement. Si la matière de cet instrument est bonne, on doit regarder la déviation du calibre et le manque de rondeur des trous comme des preuves d'une grande négligence.

Quelque bonnes que soient les filières métalliques, elles finissent toujours par s'user et par perdre leur calibre, de manière qu'on ne peut plus à coups de marteau resserrer les bords des trous, ce qui d'ailleurs constitue une opération vicieuse. On a donc essayé en Angleterre de faire passer le fil de fer par des trous pratiqués dans des diamans, ou d'autres pierres dures. M. Brokedon, qui l'étire de cette matière à Londres, annonce aussi qu'on obtient de meilleurs résultats, quand on fait entrer le fil par la petite ouverture, et qu'on le tire par la grande. *

1290. Le fer s'aigrit en passant à travers la filière;

* Il nous paraît probable que le procédé inverse qui est généralement suivi, quand on emploie des filières dont les trous ne sont pas garnis de pierres précieuses, n'a été adopté que pour obvier à la trop prompte destruction des filières. Le T.

Digitized by Google

il devient plus dur, plus élastique et plus cassant. Il faut donc le recuire lorsqu'on veut l'étirer davantage. Les chaudes détruisent d'autant plus l'élasticité du fer qu'il est plus mou de sa nature; mais elles lui enlèvent l'aigreur et le disposent à s'étirer en plus petits échantillons. C'est le fer mou qui s'étire le plus facilement; mais il faudrait examiner encore si le fer fort et dur, traité avec le ménagement convenable, ne possède pas une plus grande ductilité. Plus on diminue le diamètre du fil en une seule fois, plus on aigrit le fer; il en est de même si l'on augmente la vitesse des tenailles ou des bobines. Mais les vitesses avec lesquelles on doit tirer les numéros, pour une même qualité de fer, et les rapports des vitesses, pour des fers d'espèces différentes, n'ont pas encore été suffisamment examinés, pour qu'on puisse rien affirmer de positif à cet égard, bien qu'il soit très-certain que chaque espèce de fer et chaque échantillon doivent être étirés avec une vitesse particulière; c'est à tort qu'on néglige ces considérations. Toutes choses égales d'ailleurs, cette vitesse dépend d'abord de la grosseur du fer qu'on veut étirer et de celle du fil qu'on veut obtenir; elle est en raison inverse de l'une et en raison directe de l'autre. Elle doit donc être d'autant plus faible que le fer est plus dur, que la verge ou le fil employé est plus gros, et que la différence qui existe entre les diamètres de deux trous successifs est plus grande.

De plus, l'expérience a prouvé que le fer qui a déjà passé plusieurs fois par la filière et qui a subi ensuite le recuit, s'étire mieux qu'il ne le ferait s'il avait été amené à la même dimension par un autre moyen d'étirage : quand il passe par la filière, sa texture prend la disposition voulue, de manière qu'il puisse s'étendre avec plus de facilité étant soumis plus tard à la même opération.

Les frottemens qui aigrissent le fer, varient avec la grosseur des fils; ils leur sont, à la vérité, proportion-

Digitized by Google

nels, mais la chaleur qui en résulte agit moins efficacement sur une grosse masse que sur une petite; pour peu qu'elle soit forte, elle donne un recuit suffisant au fil mince. On peut augmenter par conséquent les vitesses à mesure que les diamètres décroissent; mais on n'a pas encore fait les observations nécessaires pour pouvoir indiquer à ce sujet une règle positive.

1291. On étire le fil, soit avec des tenailles, soit avec des bobines *. Dans tous les cas, il faut que, la filière étant verticale, la force tirante agisse dans un sens parfaitement horizontal, ou, pour nous exprimer d'une manière générale, il faut que la direction de cette force se confonde avec l'axe du trou de la filière; afin que le frottement exercé par le fil contre les parois du trou, ne soit pas plus fort d'un côté que d'un autre.

Les tenailles s'ouvrent en s'approchant de la filière, se ferment ensuite, saisissent et entraînent le fil dans leur mouvement rétrograde, s'ouvrent de nouveau, etc., etc. La longueur à laquelle il est étiré chaque fois dépend aussi de son épaisseur et de la qualité du fer. Cette longueur n'a souvent que 20 à 24 centimètres; elle peut en avoir 94 à 100, si le fil est le plus mince de ceux qu'on tire avec des tenailles.

1292. Les formes et les noms des tenailles varient selon la grosseur des fils et les usages suivis dans chaque pays.

On graisse les trous de la filière avec du suif ou de l'huile pour diminuer le frottement.

Le fil tiré par les tenailles prend des marques plus ou

* Les ateliers où l'on fabrique le gros fil s'appellent *Tréfileries;* on y emploie des tenailles. Dans les tireries, au contraire, on fabrique du fil mince qui s'enroule autour des bobines. Le T.

Digitized by Google

moins fortes qui nuisent à son apparence; cet inconvénient est inévitable pour les gros fils, à moins qu'on ne les étire au moyen des cylindres cannelés. Mais le fil qui est plus fin, s'enroule sur une bobine qui reçoit un mouvement continu, soit à bras d'homme, soit par une roue hydraulique, qui pourtant n'est employée que pour les échantillons les plus petits. Il est évident que la vitesse de l'étirage varie avec la quantité de fil enveloppé autour de ces cylindres : cependant il n'en résulte aucun inconvénient, lorsque le fil est mince. Si le fer est très-tenace, on peut se servir plutôt des cylindres, le fil en devient plus beau et l'ouvrage plus facile.

1293. On travaillerait souvent avec plus de bénéfice, si l'on diminuait l'épaisseur des fils moins rapidement, surtout en étirant du fer dur ou de l'acier. La différence de diamètre d'un numéro à celui qui suit immédiatement ne devrait jamais dépasser 0$^{\text{millim.}}$,26; quelquefois cependant elle est de 0,8 à 1$^{\text{millim.}}$,30. Voilà ce qui occasionne tant de ruptures, de déchet, de défauts ou de solutions de continuité dans le sens de la longueur. Il ne faudrait pas craindre d'augmenter la main-d'œuvre et le nombre des recuits; la diminution du déchet et la qualité des produits en offriraient un ample dédommagement. Le fer médiocrement tenace ou disposé à s'aigrir, exige sous ce rapport les plus grandes précautions. On ne peut donc transférer les procédés d'un atelier, dans un autre établissement : on ne pourrait, par exemple, imiter ailleurs ceux qu'on suit dans la Marche où l'on étire le fer Osmund.

1294. Il faut que pendant le recuit donné à une forte chaleur rouge, on empêche l'oxidation le plus qu'il est possible, parce que l'oxide élargit les trous de la filière. Lorsqu'il se forme, on doit en débarrasser la surface du fer

Digitized by Google

avec le plus grand soin. On le fait de différentes manières; la plus simple, la plus ancienne et la plus imparfaite aussi, consiste à passer le fil à travers une planche. Mais il existe aujourd'hui un procédé mieux entendu, et pratiqué surtout en Allemagne : on suspend le fil roulé en cercle, au bout d'un levier qu'on soulève et qu'on fait retomber sur un banc, en y dirigeant un jet d'eau, en sorte qu'il est battu dans ce liquide jusqu'à ce qu'il soit parfaitement nettoyé. On peut aussi l'enfermer avec du gravier dans un tonneau criblé d'ouvertures, arrosé d'eau et animé d'un mouvement de rotation. On décape souvent le gros fil dans l'acide acétique tiré de la farine de seigle, mais c'est une méthode longue et dispendieuse. — Le fil très-fin se nettoie en général dans un tambour en tôle, mis en mouvement autour de son axe; lorsqu'ensuite la couche d'oxide est un peu ramollie ou détachée, on l'enlève, en frottant le fil avec du cuir et du sable réduit en poussière impalpable.

1295. On recuit le fil au charbon de bois, dans un four et quelquefois aussi sur l'aire d'un feu de forge. Le dernier de ces procédés est vicieux et même inapplicable au fil dont le diamètre est très-faible, à cause de l'oxidation qui en est une suite nécessaire.

Les fours à recuire, semblables aux fours de boulangers, pourvus d'une porte et d'une issue pour la fumée, ne sont, le plus souvent, que de simples aires couvertes d'une voûte : leur forme est assez indifférente. On emploie pour combustible des fagots ou du charbon, dont le fil, placé sur des supports, est entouré. Ce procédé, quoique préférable à l'autre sous tous les rapports, offre néanmoins peu de garantie contre l'action de l'air atmosphérique.

Le recuit peut s'exécuter aussi dans des fours circulaires de 95 à 126 centimètres de diamètre, et de $2^{m},50$ à $3^{m},25$ d'élévation; ils sont couverts par une voûte et munis d'une

Digitized by Google

porte en fer, d'une grille et d'un cendrier. L'ouverture intérieure de la cheminée aboutit au milieu de la voûte; on modifie le tirage en fermant plus ou moins la porte du cendrier. On établit à une hauteur de 35 à 45 centim. au-dessus de la grille, des barres de fer sur lesquelles on met une plaque ronde percée d'un trou circulaire; cette plaque, qui doit porter les différens rouleaux de fil dont l'ensemble forme un cylindre, les garantit de l'action directe de la flamme et du courant d'air. L'intérieur de ce cylindre, ainsi que l'espace laissé entre lui et les parois du four, sont remplis de bois sec, afin que le fil chauffé rapidement, soit exposé à une chaleur uniforme. Avant d'allumer, on ferme toutes les portes latérales et celle de la chauffe, et l'on détermine le courant d'air, en ouvrant celle du cendrier. Ces fours produisent une économie de charbon; mais ils ne peuvent empêcher l'oxidation : il faudrait par conséquent tremper le fil dans une pâte d'argile mêlée de chaux, le couvrir de cette manière d'un léger enduit et le recuire après l'avoir séché à l'air.

1296. Si le fil se trouve déjà réduit à un petit diamètre, il ne peut se recuire par les procédés que nous venons d'exposer, parce qu'il en résulte toujours une oxidation plus ou moins forte; on est alors obligé de le recuire dans des vases hermétiquement fermés.

Ce serait même une amélioration essentielle que d'adopter cette méthode pour tous les fils, quelle que fût leur grosseur, parce qu'il est toujours très-difficile d'en nettoyer la surface. La fabrication du fil d'archal sera donc très-imparfaite, tant qu'on ne donnera pas tous les recuits en vaisseaux clos. Ces vases confectionnés en fonte doivent recevoir la forme d'un cylindre à double enveloppe; afin que la chaleur puisse mieux les pénétrer. Il faut en avoir un assez grand nombre, pour qu'on ne soit pas forcé d'in-

Digitized by Google

terrompre le travail et qu'on puisse recuire sans discontinuation. On place le cylindre pourvu d'anses sur quelques barres de fer disposées au-dessus de la grille d'un fourneau circulaire. Il ne faut pas oublier de luter soigneusement le couvercle, afin que le fil soit d'une netteté parfaite après le refroidissement.

Ces sortes de cylindres ont 2 mètres de hauteur et 1 mètre de diamètre; on les place dans des fourneaux cylindriques ayant $1^{m},62$ de diamètre, de manière qu'il reste entre le vaisseau et les parois du foyer 31 centimètres: ils reposent sur la maçonnerie; souvent ils sont immobiles et restent dans le fourneau; souvent on les enlève après chaque opération pour les recharger de nouveau. Dans ce dernier cas, on mure l'ouverture ménagée à cet effet dans la maçonnerie avec des briques, et on y applique en dehors une porte en fer. Le cylindre est couvert d'une plaque de fonte; on lute les joints pour empêcher l'air de pénétrer dans l'intérieur du vase, on chauffe le fourneau à l'aide de 2, 3 ou 4 grilles établies à égale distance dans l'espace annulaire qui reste entre le cylindre et les parois du foyer.

Ce dernier est recouvert par un dôme en forte tôle, dont le point le plus élevé n'est éloigné du cylindre que de 32 cent. La flamme s'échappe par un tuyau de 32 cent. de diamètre adapté au centre du dôme; la hauteur de ce tuyau dépend de la chaleur qu'on veut communiquer au vase.

On introduit le combustible dans le foyer par des ouvertures pratiquées au-dessus des grilles et munies d'ailleurs de portes en fer. Lorsque le chauffage s'effectue avec la houille, l'emplacement du cylindre doit être assez élevé, de manière que les parois soient hors de contact avec le combustible. Du reste, il faut toujours que la circonférence inférieure de ce vaisseau soit au-dessus du niveau des grilles, afin qu'il ne soit point frappé par l'air froid.

Digitized by Google

Le nombre des recuits qu'il faut donner au fil de fer pour l'amener aux dimensions les plus faibles, dépend le plus souvent de la nature du métal; dans beaucoup de tireries on le fait passer par 35 à 40 trous de diamètres décroissans, sans qu'on ait besoin de le recuire plus de 4 ou 5 fois.

1297. Le procédé ancien, par lequel on étirait d'abord le fer sous le marteau et ensuite avec des tenailles, pour le changer en gros fil qu'on enroulait sur des bobines pour le convertir en fil mince, est très-défectueux: le produit obtenu offre souvent une apparence désavantageuse et le déchet est toujours trop grand, quelle que soit du reste la forme du fer employé. Par les nouvelles méthodes on a supprimé les tenailles; on fabrique le gros fil entre des cylindres cannelés et on le réduit de cette manière aux dimensions nécessaires pour le mettre sur les bobines. Il est essentiel que ces cylindres reçoivent la plus grande vitesse; afin que le fil puisse s'étirer en une seule chaude au diamètre voulu. Cette vitesse, qu'on obtient par des engrenages, doit être telle que les cylindres fassent 225 à 250 tours par minute. Lorsqu'ils sont animés d'un mouvement rapide, on convertit en moins de 45 secondes une barre de fer carré de 26 millimètres en fil de 9 à 10 millimètres; parvenu à cette épaisseur on peut déjà l'enrouler sur les bobines.

1298. Le fer qu'au moyen des cylindres on veut étirer en fil de 9 à 10 millimètres de diamètre, se chauffe dans un four à réverbère dont la voûte est peu élevée au-dessus de la sole; afin que les rayons calorifiques soient mieux réfléchis sur les barres. Le rapport de la grille à la sole est très-grand; lorsque cette dernière a 1^{m},25 de longueur et 1^{m},10 de largeur près du pont, la grille dont la lon-

Digitized by Google

gueur est égale à $1^m,10$, reçoit une largeur de $0^m,94$. La sole conserve sa largeur jusqu'au premier tiers de sa longueur, à partir du pont ; elle se rétrécit ensuite jusqu'au rampant dont la largeur est de 31 centim., et dont la hauteur dépend de la nature du combustible. La hauteur de la voûte au-dessus de la sole qui est parfaitement horizontale, est à peu près de 42 centim. au point le plus élevé, et de 32 près du rampant : la hauteur du pont est de $0^m,16$.

On emploie ordinairement trois systèmes de cylindres, placés l'un à côté de l'autre et se communiquant le mouvement. La première cage en contient trois, dont le dernier ou le premier communique avec l'arbre de la force motrice. L'embrayage se fait par des manchons. Les pignons ne sont pas liés invariablement aux cylindres ; des pièces intermédiaires, placées entre les tourillons des cylindres et ceux des pignons, établissent entre eux la communication au moyen des manchons. On rend les pignons du premier équipage extrêmement larges. C'est un moyen de donner aux cylindres cannelés un mouvement uniforme, et d'empêcher que par des accidens ou secousses, ils ne puissent être changés de leur position respective. La deuxième cage et la troisième reçoivent seulement deux cylindres ; les pignons sont liés aussi aux tourillons par des pièces intermédiaires, dont la résistance est calculée de manière, qu'en cas d'accident, ils doivent se briser pour empêcher la rupture des cylindres. La Fig. 10, Pl. VIII, offre le dessin de cette machine :

A est le bouton de l'arbre qui communique avec la force motrice.

B, *B* sont les manchons, et *C* la pièce intermédiaire au moyen desquels l'arbre principal communique avec le pignon *D*.

E est le pignon intermédiaire qui reçoit le mouvement du premier.

Digitized by Google

F est le troisième pignon qui engrène dans le deuxième.

G, *G*, *G* sont les six manchons et les trois pièces intermédiaires qui établissent la communication entre les boutons des pignons et ceux des cylindres *h*, *i*, *k*; ceux-ci ont $0^m,47$ de longueur, et $0^m,21$ de diamètre.

L, *L* sont quatre manchons et deux pièces intermédiaires au moyen desquels on communique le mouvement aux cylindres *M*, *N* qui, placés dans la deuxième cage, ont $0^m,21$ de longueur, et autant de diamètre.

O représente les deux manchons et la pièce intermédiaire au moyen desquels les cylindres *P* et *Q* sont liés au système.

Il est à remarquer que c'est le cylindre inférieur de la deuxième cage qui doit donner le mouvement au cylindre supérieur de la troisième, à moins qu'on ne voulût mettre le cylindre inférieur de cette dernière en communication avec le cylindre supérieur de la deuxième. Cette disposition est nécessaire, afin que les cylindres des deux dernières cages fassent leurs révolutions en sens inverse, et qu'on puisse insérer les barres dans les cannelures *P*, *Q* du même côté, où elles sortent des cannelures *M*, *N*. Les deux derniers cylindres *P*, *Q* ont aussi $0^m,21$ de diamètre et autant de longueur. Le cylindre *Q* ne reçoit le mouvement que par le frottement du cylindre supérieur *P*.

1299. Pour commencer le travail, on coupe les bidons carrés qui ont 26 millim. dépaisseur, en morceaux de 62 centimètres de longueur : cette opération se fait à froid au moyen de cisailles. On porte ensuite ces bâtards au four à réverbère, où ils sont chauffés au rouge blanc.

Les trois premiers cylindres qui font 220 à 250 révolutions par minute, portent chacun douze cannelures de dimensions décroissantes : la première est ovale et les autres triangulaires, de manière que les barres qui y passent

deviennent carrées. Il est nécessaire de placer dans la première cage trois cylindres, afin que des deux côtés on puisse insérer le fer dans les cannelures : on perdrait beaucoup de temps, et les barres se refroidiraient, si l'un des ouvriers, après les avoir reçues, devait les repasser à l'autre, qui seul serait chargé de les pousser entre les cylindres. C'est par la même raison qu'on emploie une troisième cage *P* qui porte la dernière cannelure; bien que les cylindres *M*, *N* seraient assez grands pour recevoir encore cette entaille.

Les cylindres de la deuxième cage ont chacun deux cannelures ovales dont cependant on n'emploie qu'une seule; l'autre reste en réserve. Il en est de même des cylindres *P* et *Q* dont les cannelures sont circulaires et dont l'une seulement sert pour chaque barre.

On insère d'abord les bidons dans la cannelure ovale de la première cage et ensuite dans les cannelures carrées. Le nombre des passages que chaque barre doit faire entre les cylindres, dépend de la qualité du fer employé: c'est aux ouvriers à le décider d'après l'expérience qu'ils ont acquise sur cet objet. Il suffit, dans un grand nombre de cas, que le fer passe entre dix canelures différentes pour acquérir les dimensions voulues.

Dès que la barre est sortie des cannelures carrées de la première paire de cylindres, on la passe dans la cannelure ovale de la deuxième, et ensuite dans la cannelure ronde de la troisième paire.

La barre, parvenue à une épaisseur de 9 à 10 millimètres, possède une longueur de 7 à 9 mètres, supposé que celle du bâtard était de $0^{m},62$: elle doit encore être rouge de feu en sortant de la dixième et dernière cannelure.

1300. Si l'on veut fabriquer du fil de différentes dimensions, on est obligé de faire varier, non-seulement la

Digitized by Google

dernière cannelure, mais aussi celle des cylindres *M*, *N*. On ne doit pas employer dans les tireries du fer qui ait au-dessus de 9 à 10 millimètres d'épaisseur; s'il était plus gros, le travail présenterait quelques difficultés.

Lorsque les barres sont sorties de la dernière cannelure, on les roule autour d'un cylindre de 63 centimètres de diamètre, et on les délivre à la tirerie après leur avoir fait subir un recuit. Le travail ultérieur se fait au moyen de bobines verticales mises en mouvement par des engrenages coniques. Celles qui servent pour le gros fil ont 39 centimètres de diamètre, les autres qu'on emploie pour la fabrication du fil moins gros et pour celle des fils les plus fins, n'ont que 20 à 22 centimètres de diamètre.

Par ce système de fabrication, le fer se trouve étiré toujours dans le même sens, ce qui n'a pas lieu, lorsqu'on emploie dans les étireries du forgis ou de la verge fendue; il s'ensuit que le déchet doit se trouver moins fort qu'il ne le serait dans ce dernier cas, et l'on doit obtenir en outre du fil d'archal plus fort.

Outre le recuit qu'on donne au fil après qu'il a été étiré à chaud entre les cylindres, on est obligé de le soumettre encore à trois ou quatre recuits dans les opérations subséquentes : ils s'exécutent tous dans les cylindres que nous avons précédemment fait connaître.

1301. On ne peut indiquer au juste la consommation des matières premières qu'entraîne la fabrication du fil d'archal: elle doit naturellement augmenter à mesure qu'on diminue l'épaisseur des fils. Cependant le déchet dû à l'oxidation ne peut excéder 12 et demi pour cent, lors même qu'on fabrique les plus petits numéros du commerce, et si les dispositions du recuit étaient bien ordonnées, il pourrait ne s'élever qu'à 1 ou 2 pour cent. La quantité de bouts rompus dépend, comme nous l'avons dit ci-dessus, de la

Digitized by Google

qualité du fer et de la manière de le passer par la filière : si la fabrication reçoit une mauvaise impulsion, le poids de ces débris peut égaler ou surpasser même celui du fil obtenu et absorber alors tous les bénéfices.

GÉNÉRALITÉS SUR LA FABRICATION DE LA TÔLE ET DU FER BLANC.

1302. Pour étendre le fer dans la direction de sa longueur et dans celle de sa largeur ou pour le convertir en tôle, on est obligé de le porter à chaud sous des machines de compression, de le chauffer et de le comprimer à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'il ait reçu l'épaisseur convenable. Le nombre des feuilles traitées à la fois, dépend de la force du moteur, de la construction de la machine et de celle des foyers de chaufferie, ainsi que des usages suivis.

La tôle reçoit différentes dimensions selon l'emploi auquel on la destine : on la divise ordinairement en tôle forte et en tôle mince. Chacune des deux espèces se fabrique séparément, soit parce qu'on y trouve plus d'avantage, soit que la dernière se convertit presque toujours en fer blanc. On distingue donc la fabrication du fer noir de celle du fer blanc, bien que la partie du travail qui s'exécute sous les machines de compression soit la même, sauf quelques légères modifications : la tôle forte exige nécessairement des foyers plus grands et des machines plus puissantes.

1303. La bonne tôle doit avoir une épaisseur uniforme et une surface parfaitement lisse ; les pailles, les rides, les gravelures nuisent à son apparence et souvent aussi à son emploi dans les arts. Il faut pouvoir la plier dans tous les sens un grand nombre de fois avant qu'elle ne casse ; mais comme le meilleur fer devient aigre quand on le travaille à froid ou à une trop basse température, on est obligé de recuire la tôle pour lui donner toute sa ténacité.

Digitized by Google

Il faut que le fer employé dans les tôleries soit très-mou et très-malléable. Le fer rouverin doit en être exclu, parce qu'il se crique sur les côtés et qu'il augmenterait le déchet. Le fer cassant à froid se travaillerait assez facilement, mais il donnerait une si mauvaise tôle qu'elle ne pourrait servir à aucun usage. Le fer cassant et mou se déchire et ne pourrait d'ailleurs se convertir en tôle mince. Le fer fort et dur pourrait être aminci autant que le fer fort et mou; mais on serait obligé de le chauffer plus souvent, ce qui ralentirait le travail et augmenterait la consommation des matières premières.

1304. Il est naturel de n'employer que du fer plat qui, pour être converti en tôle laminée, doit avoir une faible épaisseur; il faut donc que les barres soient larges: précaution qu'on ne doit pas négliger, même en faisant de la tôle battue, parce que le travail en est abrégé. Au reste les dimensions des bâtards varient avec les feuilles de tôle qu'on veut obtenir.

Quelle que soit la machine de compression employée, on commence d'abord par couper les barres d'après des longueurs déterminées: chaque morceau ou bidon donne ordinairement deux feuilles, à moins qu'elles ne doivent être très-fortes. Si l'on veut faire de la tôle battue, il faut couper les bidons à une longueur presque double de celle des feuilles: le marteleur ne doit étirer le fer que dans un seul sens, celui de la largeur; l'ouvrage en est plus beau et d'une qualité supérieure. Si l'on fait usage de laminoirs, on ne peut empêcher que le fer ne s'étende dans les deux dimensions *.

* Les bidons qu'on veut laminer ont une longueur exactement égale à la largeur prescrite par la tôle; car le fer ne s'étend dans le sens de la largeur que d'une petite quantité qu'on rogne entièrement avec les

Digitized by Google

Les ouvriers savent bientôt quelle est la longueur que doivent avoir les bidons pour se convertir en feuilles de dimensions déterminées. On devrait toujours donner à ces barres la même largeur, en ne faisant varier que leur épaisseur.

On coupe les bidons avec la tranche et sous le marteau, après les avoir chauffés d'abord: ou bien au moyen de cisailles et à froid, si toutefois ils n'ont pas une trop forte épaisseur **.

1305. Le fer reçoit les différentes chaudes, soit dans un feu de forge, soit dans un four à réverbère. La première méthode est défectueuse; elle occasionne une grande consommation de charbon et nuit quelquefois à la qualité de la tôle. Pour chauffer de cette manière des plaques, on les dispose de champ sur une espèce de grille formée avec des ringards placés au-dessus de la tuyère, sur la varme et le contrevent; on les couvre de charbon et l'on fait agir les soufflets avec lenteur. Les barres qui n'ont pas encore passé sous le marteau de la tôlerie, sont chauffées comme de coutume dans un feu de forge; on y projette une certaine quantité de battitures. Les scories restées dans le feu, servent pendant l'affinage des rognures, qui fait essentiellement partie de la fabrication de la tôle exécutée selon l'ancien procédé.

L'emploi des fours à réverbère est moins nécessaire pour la fabrication de la tôle battue que pour celle de la tôle laminée. Néanmoins on devrait par-tout substituer ces foyers aux feux de forge.

Les fours à réverbère employés à la fabrication de

---

cisailles pour équarrir les feuilles et faire disparaître les criques. Il est bien entendu que les barres passent en travers sous le laminoir. Le T.

** En étirant le fer entre des cylindres cannelés, on coupe les bidons à chaud, avec la cisaille, au moment où la barre est sortie de la dernière cannelure. Le T.

Digitized by Google

la tôle, ressemblent à ceux qui servent dans les fenderies; mais l'aire en est un peu plus large. L'ouverture intérieure de l'échappement est, comme dans les autres fours à réverbère, au niveau de la sole, et la voûte doit être très-surbaissée, afin que la chaleur soit mieux concentrée. D'un autre côté, pour ne pas exposer le fer au contact immédiat de la flamme, on donne au pont qui sépare le foyer de la grille une hauteur de 18 à 22 centimètres. Le rampant est muni d'un tiroir ou bien la cheminée porte un registre qui sert à intercepter le courant d'air pendant le travail. Il est très-avantageux que la porte soit placée vis-à-vis de la grille, afin que la flamme s'échappant par cette issue lorsqu'elle est ouverte, puisse empêcher l'entrée de l'air atmosphérique. Le fer ou les trousses, doivent être placées très-près du pont, de manière que le courant d'air ne puisse les atteindre.

Lorsque les feuilles sont déjà très-minces, on doit les chauffer avec beaucoup de rapidité, afin qu'elles soient exposées peu de temps à l'action de l'oxigène. La quantité de fer qu'on place dans le four dépend de la machine comprimante. Si cette quantité de fer était trop grande, les dernières plaques ou trousses se refroidiraient dans le foyer avant qu'on pût les étirer, puisqu'on est obligé de fermer le cendrier et la cheminée pendant l'étirage: ce serait une pratique défectueuse qui entraînerait une grande consommation de combustible, que de les chauffer une seconde fois; ce grave inconvénient est inévitable dans le travail de la tôle battue. Mais, en faisant de la tôle laminée, on ne doit jamais ouvrir la porte de la chauffe pour y jeter une seconde fois du combustible, l'air qui s'y précipite se porte sur le fer et forme une couche d'oxide plus nuisible encore pour les feuilles qui passent au laminoir, que pour celles qui s'étirent sous le marteau: c'est particulièrement la tôle destinée pour la mise au tein qui, sous ce rapport,

Digitized by Google

exige les plus grandes précautions. Il faudrait avoir deux fours pour un seul laminoir, afin que les pauses ne fussent ni longues ni fréquentes.

Dans les usines de la Belgique, on se sert ordinairement de fours dormans pour chauffer le fer; leur cheminée est en dehors et au-dessus de la porte du travail. Nous en avons parlé à l'article des fenderies. Les trousses ou les lames se placent immédiatement sur la houille incandescente; il est évident que c'est un moyen d'économiser le combustible et la tôle peut devenir tout aussi belle que si le chauffage s'exécutait dans les fours à réverbère, qui consomment d'autant plus de houille, qu'ils laissent le fer moins exposé à l'action de l'air atmosphérique *.

La poussière de charbon ou de coke qu'on projette sur les lames pour empêcher l'oxidation, n'est jamais inutile; elle produirait un effet très-avantageux, si l'on était obligé d'alimenter le feu pendant l'étirage.

DE LA FABRICATION DU FER NOIR.

1306. D'après les procédés anciennement suivis pour faire la tôle battue, et pratiqués encore dans plusieurs pays, on se sert d'un marteau qui, pesant 200 à 225 kilog., a 57 centim. de volée. Sa panne doit avoir 36 centim. de longueur et 2 centim. de largeur. La table de l'enclume

---

* Les fours dormans exigent beaucoup de soin pour la préparation du lit de houille, sur lequel on place les trousses de tôle. Malgré toutes les précautions employées, on ne peut éviter que l'air non décomposé se fasse jour sur quelques points et traverse la grille; il se forme alors des petits jets qui oxident la tôle et percent la première feuille; elle est souvent perdue. Ce grave inconvénient qu'entraîne l'emploi de ces sortes de foyers, n'a pas lieu pour les fours à réverbères qui, pour cette raison, mériteraient la préférence, lors même qu'ils occasionneraient un léger surcroît de dépenses en combustible. Le T.

Digitized by Google

est un peu voûtée, pour hâter l'étirage; plus elle est étroite, plus le travail peut s'exécuter promptement, mais plus il exige aussi d'adresse et de précautions, si l'ouvrier veut obtenir des surfaces lisses, exemptes d'inégalités et des feuilles d'une épaisseur uniforme. Dans certains endroits, l'enclume a 10 centim. de largeur; ailleurs, elle n'en a que 2 centim.: la tôle devient en général d'autant plus belle que l'enclume est plus large.

Après avoir chauffé les barres, on les étire par un des bouts, dans le sens de la largeur, jusqu'à ce que cette dimension soit devenue le double de ce qu'elle était d'abord; on les reporte ensuite dans le foyer pour étirer l'autre bout. Ebauchée de cette manière, la lame ou languette est pliée par le milieu: un coup de marteau suffit pour fermer le pli. Le travail s'exécute par deux ouvriers: l'un étire la première moitié de chaque languette et l'autre la deuxième, en sorte que le marteau agit sans discontinuation, jusqu'à ce que toutes les lames soient étirées et changées en doublons. Toutefois si la tôle doit être épaisse, on peut se dispenser de plier les lames.

On chauffe les doublons de nouveau, et, les saisissant ensuite avec les tenailles du côté du pli, on en étire un bout au double de la largeur qu'il avait d'abord. L'autre moitié se forge après une seconde chaude. Les doublons mis sous cette forme prennent le nom de *semelles*. L'ouvrier doit avoir soin, pendant ce forgeage, de ne pas laisser trop de fer au milieu des planches, parce qu'il en résulterait plus tard des plis et des pailles; il faut que le métal soit chassé peu à peu du centre vers les côtés; on ne pourrait commencer de la manière inverse. On ébauche ainsi tous les bidons qu'on veut convertir à la fois en tôle.

Cela fait, on procède à la troisième opération; on réunit une certaine quantité de semelles pour en former des trousses. Il faut alors élever le degré de chaleur et

Digitized by Google

empêcher néanmoins que les semelles ne se soudent ensemble; on les trempe pour cette raison dans *l'eau d'arbue* qu'on fait avec de l'argile, de la craie et de la poussière de charbon délayées dans l'eau. Chaque trousse, formée de 6 à 20 semelles selon les dimensions qu'on veut donner à la tôle, pèse à peu près 50 kilog. On les chauffe une à une avant de les porter sous le marteau. L'ensemble des trousses mises en fabrication s'appelle une *file*.

Le travail du forgeron qui commence alors à devenir pénible, exige beaucoup de force et d'habileté. Il faut même employer deux ouvriers qui s'aident mutuellement, pour manier la trousse et empêcher que le marteau ne frappe plusieurs coups sur un même point. On établit de chaque côté de l'enclume, des espèces de potences fixées dans le *stock* et destinées à servir de supports à la trousse. Bien qu'il soit difficile de la retourner, on ne peut se dispenser de le faire très-fréquemment, afin que le marteau agisse sur l'une et sur l'autre des deux feuilles extérieures; c'est une précaution qu'il faut observer, même dans les deux opérations préparatoires que nous avons déjà décrites. On doit d'ailleurs, à mesure que le travail approche de sa fin, redoubler de soin pour ne produire ni bosses ni cavités.

Les trousses ne peuvent s'étirer par une seule chaude : elles en reçoivent souvent trois ou quatre. On les examine après chaque martelage, pour séparer les feuilles collées ensemble, et pour placer à l'extérieur celles qui sont au centre et qui s'amincissent davantage, parce qu'elles conservent plus long-temps la chaleur. Si quelques feuilles d'un paquet sont restées trop épaisses, on les place dans un autre, pour les battre de nouveau.

Après avoir donné aux trousses les dimensions de la tôle qu'on veut obtenir, on les reporte dans le foyer de chaufferie, pour les *parer* sous un marteau qui agit avec len-

Digitized by Google

teur et dont la panne, ainsi que la table de l'enclume, est très-large et reçoit une position parfaitement horizontale : il est essentiel que le marteau ne frappe ni par le talon ni par le côté antérieur. L'objet de cette opération est de faire disparaître les bosses ou coups de marteau inévitables, si l'étirage est exécuté sur une enclume étroite. Mais en aplanissant la surface des feuilles, on ne peut guères remédier aux fautes commises pendant le travail précédent; on ne peut pas faire disparaître les grandes inégalités, ni les plis, ni les autres défauts qui proviennent de la mal-adresse des ouvriers.

Lorsque le parage est terminé, on bat les feuilles avec un marteau de bois, pour les rendre encore plus lisses; on les rogne ensuite avec les cisailles et on leur donne la grandeur prescrite.

Les feuilles ont des dimensions très-variables : en Silésie, elles sont carrées, leur côté a 63 centim. de longueur; on en compte depuis 5 jusqu'à 50 par 50 kilog. : la tôle mince est d'un prix plus élevé que la tôle forte. Il est avantageux pour une usine de fabriquer des tôles de grandeurs différentes, afin de tirer un meilleur parti des feuilles défectueuses.

Les feuilles qui ne peuvent être vendues comme rebut, sont jetées parmi les rognures que, d'après l'ancienne méthode, on affine pendant les huit derniers jours de chaque mois : on opère pour cet effet dans le feu de chaufferie; le battage de la tôle se trouve alors suspendu.

Les débris de fer qui résultent de cette manipulation, y compris les bouts des barres, les rognures et les feuilles manquées s'élèvent communément à 30 pour cent. Le déchet produit par l'oxidation est de 8 à 10 pour cent. Dans les usines où l'on fait des marchés avec les maîtres marteleurs, chargés aussi d'affiner les rognures, on les oblige de fournir 4 quintaux de tôle pour 5 quintaux de fer,

Digitized by Google

et l'on passe 15 à 17 mètres cubes de charbon de bois par 1000 kil. de tôle obtenue.

Il suffit de lire l'exposé de ce genre de travail pour en sentir l'imperfection. On ne peut contester néanmoins que des ouvriers intelligens et soigneux ne puissent y suppléer, en quelque façon, et donner une assez belle apparence à leur tôle. Pour cet effet ils doivent serrer l'un à côté de l'autre les coups de marteau, laisser peu de distance entre deux coups successifs, et ne pas hâter l'étirage des semelles ou des trousses en les présentant au marteau dans une direction diagonale. Mais ils ne parviendront jamais à donner à la tôle une épaisseur uniforme. Le forgeage est d'ailleurs si lent qu'il faut multiplier les chaudes, ce qui augmente le déchet et la consommation de charbon.

1307. La fabrication de la tôle laminée présente, sous tous les rapports, plus d'avantage que n'en offre celle dont nous venons de parler. On emploie le plus souvent des cylindres particuliers pour ébaucher les lames. En chauffant les bidons ou les languettes avant qu'elles soient pliées, on doit leur donner un haut degré de chaleur, parce qu'on ne craint pas de les souder ensemble et qu'il faut d'ailleurs les étirer le plus possible par chaque chaude. Quelquefois on néglige cette précaution; quelquefois aussi on est forcé de la négliger, parce que le fer se refroidit dans le four à réverbère. On éviterait cet inconvénient, si l'on avait deux fours pour chaque laminoir, ce qui est indispensable; afin qu'on puisse entretenir les feuilles à la température voulue, sans être obligé d'ouvrir la chauffe pour y introduire du combustible.

Le chauffeur présente le fer au maître lamineur; celui-ci le place en travers entre les cylindres, de manière que la longueur des barres forme la largeur des feuilles; un autre ouvrier le reçoit et le rend au maître qui le passe

Digitized by Google

encore entre les cylindres, après avoir serré les vis convenablement : cette opération se répète trois ou quatre fois. Lorsque les planches ont reçu une longueur suffisante, le deuxième lamineur les plie, à moins qu'on ne veuille s'en dispenser, chose qui le plus souvent est assez bien vue et qui devient nécessaire, si les dimensions de la tôle doivent être très-grandes. Pour ne pas arrêter le travail, on fait souvent desservir le laminoir par trois ouvriers dont deux reçoivent les feuilles alternativement, les plient et les repassent au maître ouvrier.

On trempe les doublons dans l'eau d'arbue; on en réunit plusieurs ensemble pour former des trousses qu'on achève au deuxième laminoir. On ne doit jamais en charger une trop grande quantité dans le four à réverbère. Il vaut bien mieux activer deux de ces foyers à la fois.

On doit toujours frapper la trousse avec force contre une plaque, avant de la passer entre les cylindres, afin d'en détacher la couche d'oxide, dont une partie cependant s'imprime si fortement dans la tôle laminée qu'on ne peut l'enlever qu'avec beaucoup de peine. C'est pour cette raison que le fer doit rester peu de temps au four et que les bidons ou les languettes qui n'ont pas encore été doublés, doivent être soumis à la chaleur blanche, afin qu'on ne soit pas obligé de trop multiplier les chaudes.

Lorsque les planches sont doublées, le pli doit toujours passer le premier entre les cylindres; on ne les étire d'ailleurs que dans le sens de la longueur, parce que la largeur des feuilles est déterminée par la longueur des bidons qu'on fait passer en travers entre les cylindres. Si l'on est dans l'usage de plier les languettes, on ne doit y procéder que le plus tard possible; afin de pouvoir donner des chaudes plus intenses, sans craindre de souder les feuilles.

Si le travail est bien ordonné, on obtient avec 100

Digitized by Google

quintaux de fer en barres, 72 quintaux de tôle et tout au plus 22 quintaux de rognures; le déchet provenant de l'oxidation est de 6 pour cent. On doit compter sur 2,20 à 3 mètres cubes de houille par 1000 kilog. de tôle obtenue. Cette consommation augmente encore lorsque le pont du four à réverbère est très-élevé *.

1308. On divise la tôle, eu égard au nombre des feuilles qui composent un quintal, en quatre classes désignées par les qualifications *ordinaire, moyenne,* et *fine:* à ces trois classes il faut ajouter encore celle qu'on vend sous le nom de rebuts. La tôle de rebut est celle qui a des pailles, des bosses et toutes sortes de défauts. Le fer noir se vend par paquet de 25 à 50 kilog. On appelle tôle de modèle, celle dont les dimensions ne sont pas adoptées dans le commerce.

DE LA FABRICATION DU FER BLANC.

1309. La fabrication de la tôle destinée à l'étamage diffère très-peu de celle que nous venons de rapporter. Voici quel est l'ancien procédé suivi encore dans plusieurs usines:

On a deux marteaux, l'un pour platiner et l'autre pour ébaucher le fer. On s'en sert et on les emmanche alternativement. La panne du dernier, qui est très-voûtée, ne reçoit que 32 millim. de largeur sur 23 centimètres de longueur; celle du second, bien moins voûtée que l'autre, a de 15 à 17 centimètres en largeur et en longueur. Le marteau *à platiner,* qui pèse 300 à 350 kilog., a 94 cent. de volée; le marteau *ébaucheur* ne pèse souvent que 150

* Le poids de la houille a été estimé précédemment à 800 kilog. le mètre cube. On compte le plus souvent sur 840 kilog. Ainsi la consommation serait de 1900 à 2500 kilog. de houille par 1000 kilog. de tôle obtenue. Le T.

Digitized by Google

kilog. et ne peut s'élever que de 68 à 78 centim.: pour diminuer la levée, on applique un morceau de bois contre le rabat quand on veut faire usage de ce dernier marteau. La table de l'enclume a $0^m,31$ de longueur et autant de largeur, mais elle est légèrement voûtée; sa flèche est de 6 à 7 millim. On enfonce dans le *stock* ou *billot*, une barre de fer qui dépasse la table de l'enclume; l'ouvrier appuie la trousse contre cette barre, afin d'empêcher qu'une des feuilles ne vienne à sortir et à dépasser les autres.

Le travail commence par l'affinage des rognures et des débris. On chauffe pendant la fusion les lopins de la pièce précédente; on les forge en barres de 33 millimètres d'équarrissage. Cette opération se pratique sous le marteau à platiner. Dès qu'elle est finie, on s'occupe à faire la loupe, on la cingle, on la coupe et l'on étire les lopins tout de suite en barres. Cela fait, on change de marteau, méthode détestable qui est presqu'entièrement abandonnée. Dans la plupart des usines, on commence par faire les languettes et l'on emploie de préférence du fer plat; mais, dans celles où l'on suit encore l'ancienne routine, on chauffe les bidons qui sont carrés, pour en élargir un peu l'une des extrémités et pour en couper un petit lopin qui, après avoir passé dans le feu, est étiré à l'un des bouts en une espèce de demi-languette qui a 8 centim. de largeur. Deux ouvriers se rechangent pendant le forgeage; un troisième reste auprès du foyer pour chauffer les barres et les petits lopins, jusqu'à ce qu'on ait préparé de cette façon 350 à 400 demi-languettes, qui sont mises en œuvre plus tard. Comme cette opération produit beaucoup de laitiers, on fond une certaine quantité de rognures et l'on fait une loupe dont les lopins ne sont pourtant pas forgés tout de suite; on les chauffe pendant la fusion prochaine.

Deux batteurs et leur chauffeur achèvent d'étirer les languettes dans la tournée suivante; ils en élargissent le

Digitized by Google

deuxième bout, les plient sur une enclume de maréchal avec un marteau à main et les convertissent en doublons. Après avoir achevé tous les doublons, ils les réunissent deux à deux pour les placer dans le feu, à l'endroit du pli. Un des ouvriers en saisit une couple avec la tenaille quand ils sont chauds, leur donne sous le marteau ébaucheur une largeur de 13 à 16 centim., et les reporte de nouveau dans le foyer; le deuxième batteur étire ensuite l'autre moitié: c'est ce qu'on appelle *égaliser les planches*. Il faut qu'il y ait dans le feu un nombre suffisant de doublons, pour que le travail ne soit jamais arrêté. Le chauffeur doit visiter les planches égalisées, les tremper dans l'eau d'arbue et les rassembler en trousses dont chacune en contient cinquante. Quatre trousses forment une *file* et sont portées ensemble au feu. Pendant que le chauffage s'exécute, on change encore une fois de marteau.

La file se chauffe sur des barres de fer placées en travers du feu: les trousses sont disposées de champ sur ces barres, dans le sens de leur longueur; une barre verticale, établie vers le contrevent, sert à les rapprocher de la tuyère et à diminuer les intervalles laissés entre elles. On les couvre de charbon et l'on fait agir les soufflets jusqu'à ce qu'elles soient rouges. On les étire en trois ou quatre chaudes; avant de remettre une trousse au feu, on la défait toujours pour placer à l'extérieur les planches du milieu.

Lorsque les feuilles ont reçu par le martelage la grandeur prescrite, on les rogne avec les cisailles et on les chauffe encore une fois; mais ce sont toujours les feuilles achevées et rognées précédemment qu'on porte alors dans le foyer, pour les parer à petits coups de marteau, et faire disparaître le plus qu'il est possible toutes les inégalités. Après avoir subi l'opération du parage, elles sont coupées seulement d'après les dimensions que doit avoir le ferblanc.

Digitized by Google

Il existe des usines dans lesquelles on ne commence pas par la conversion du fer en demi-languettes ; on le transforme en doublons par une seule opération : ce procédé est plus économique que l'autre sous tous les rapports. Il faudrait aussi substituer aux feux de forge des fours à réverbère chauffés au bois ou à la houille. Le travail est d'autant plus rapide que les bidons considérés comme matière première, sont plus larges.

Si le maître ouvrier se trouve chargé de l'affinage des rognures et des autres débris, il doit fournir 73 à 75 quintaux de tôle pour 100 quintaux de fer en barres, de sorte qu'on lui passe un déchet de 25 à 27 pour cent. La consommation de charbon est de 23 à 29 mètres cubes par 1000 kilog. de tôle. On peut admettre en général, que 100 quintaux de fer en barres donnent tout au plus 46 quintaux de tôle fine et une égale quantité de rognures ou de débris ; en sorte qu'il y a 8 pour cent de fer perdu par l'oxidation.

1310. C'est aussi au laminoir qu'on fabrique la tôle fine avec le plus d'avantage ; mais, pour diminuer les rognures, on doit employer du fer forgé avec exactitude. Moins on étend les feuilles ou planches, dans le sens de la largeur, moins elles se criquent et plus elles gagnent en longueur *. Une autre considération non moins essentielle, c'est de chauffer les barres très-rapidement et de les étirer le plus qu'il est possible en une même chaude avant de les doubler.

* Le fer s'étend très-peu dans le sens de la largeur (voyez la note du paragraphe 1304) ; si cependant on voulait encore en diminuer l'élargissement et les criques qui en sont la suite, on serait obligé de ne le soumettre qu'à une faible pression en le passant la première et la seconde fois entre les cylindres ; mais il est probable que l'avantage qui en résulterait, ne pourrait compenser les pertes de temps et de combustible. Le T.

Digitized by Google

On doit éviter, durant le travail, d'ouvrir la chauffe pour y jeter du combustible frais. Un laminoir devrait avoir pour cette raison deux fours à réverbère. Les chaudes rouges brunes sont les plus mauvaises, parce qu'elles produisent une couche d'oxide très-dure et très-difficile à enlever.

La tôle confectionnée au laminoir est rognée ou découpée seulement après son entier achèvement. Les cylindres doivent être à la fois très-durs et parfaitement lisses; la moindre inégalité de leur surface se fait connaître par des taches d'oxide imprimées sur les feuilles. Ces défauts, lors même qu'ils échapperaient à l'œil, se manifesteraient pendant l'étamage. Souvent on néglige à tort l'entretien et la confection des cylindres *préparateurs;* mais ils produisent alors sur les feuilles des inégalités que les derniers cylindres ne peuvent faire disparaître entièrement, quelle que soit la perfection de leur poli. La fabrication du fer noir exige sous ce rapport moins de précautions, parce que la plupart des défectuosités ne ressortent qu'après la *mise au tain.*

On obtient avec 100 quintaux de fer en barres au moins 50 quintaux de tôle mince et 47 de rognures, ce qui suppose un déchet de 3 pour cent produit par l'oxidation. La quantité de rognures pourrait être moins grande, si l'on mettait plus de soin et d'intelligence dans le chauffage et les dimensions données aux bidons. On pourrait ne brûler que $2^{m.cub}$,20 de houille par 1000 kil. de tôle; mais cette consommation serait plus grande, si, pour mieux abriter les trousses, on élevait davantage le pont qui sépare la chauffe du foyer. Si, au contraire, par esprit d'économie, on voulait chauffer le fer en l'exposant au contact de la flamme, on augmenterait le déchet et l'on obtiendrait de la tôle défectueuse.

Après avoir découpé les feuilles, on les recuit et quelquefois on les soumet encore à une certaine pression pour les redresser.

Digitized by Google

DE LA MISE AU TAIN.

1311. Nous commencerons par décrire les anciens procédés d'étamage suivis encore dans la plupart des usines.

Il faut d'abord décaper la tôle avant de l'étamer, c'est-à-dire qu'il faut en nettoyer la surface, en ôter la couche d'oxide qui s'opposerait à la combinaison du fer avec l'étain. On la trempe dans des acides végétaux provenant de la fermentation du seigle; ces liquides, appelés *eaux sûres*, sont renfermés dans des tonneaux placés dans des caves ou des étuves dont la température est à peu près de 30° de Réaumur. La chaleur qui règne dans ces lieux, favorise la formation des acides, ainsi que leur action sur le fer ou sur son oxide. On doit employer au moins six tonneaux; on peut en avoir, selon l'étendue de la fabrication, 6, 12, 18, 24, ou bien 9, 15, 18, etc. Chaque assemblage de six tonneaux renferme trois différentes espèces d'acides: deux contiennent l'eau sûre dite *vieille* (n° 1); deux l'eau sûre *neuve* (n° 2), et deux la dernière eau sûre (n° 3), qui achève le décapage. Lorsqu'on est dépourvu de ces matières acides, on fait l'eau sûre dite *vieille* avec trois mesures de seigle moulu, qui, délayé dans l'eau, est mis en fermentation avec du levain. Pour les deux autres espèces d'acides on emploie quatre mesures de cette farine. On jette tous les huit jours du seigle nouveau dans ces barils, en ajoutant à l'eau, sûre n° 1, dite vieille, un douzième de mesure; au n° 2 un tiers, et au n° 3 un douzième.

On met d'abord la tôle, au nombre de 144 feuilles par baril, dans l'eau sûre dite vieille: on dispose les feuilles de manière qu'elles soient placées alternativement sur les grands et les petits côtés, afin qu'elles offrent plus de prise à l'action de l'acide. Elles restent 24 heures dans la première eau sûre, 24 heures dans la deuxième et 48 heures dans

Digitized by Google

la dernière, en sorte que le décapage dure quatre jours entiers. En les retirant des barils n° 3, on les jette dans une cuve d'eau douce où elles restent jusqu'à ce qu'elles soient frottées. On renouvelle tous les quinze jours l'eau sûre dite vieille, parce qu'elle se charge de plus d'oxide que les deux autres et qu'elle contient d'ailleurs l'argile provenant de l'eau d'arbue dans laquelle on trempe les feuilles avant de les chauffer. On la vend dans certains endroits aux fabricans de toiles peintes, comme *acétate de fer*. La deuxième eau sûre, à laquelle on ajoute la douzième partie d'une mesure de seigle, remplace ensuite la première et peut servir encore quinze jours, ce qui fait un mois. Lorsque l'on compose l'acide n° 2, contenu dans le troisième et le quatrième tonneau, on tire du cinquième et du sixième une certaine quantité de résidu, pour hâter la fermentation, et l'on ajoute à ceux-ci un douzième de mesure de seigle. L'eau sûre qu'ils contiennent n'est jamais renouvelée entièrement.

On transporte les feuilles décapées aux blanchisseries; là on les frotte à l'eau avec un linge et du sable mordant, pour en ôter jusqu'aux dernières traces d'oxide. Les endroits qui n'ont pas été parfaitement décapés ne peuvent s'étamer. Lorsque la tôle est bien écurée, on la conserve sous l'eau jusqu'au moment de la mise au tain.

1312. L'étamage se pratique dans une caisse ou creuset de fonte qui a 47 centim. de profondeur, autant de longueur et 37 de largeur. On le place sur un fourneau pourvu d'une grille et muré sur les quatre côtés, de manière que toutes les faces de la caisse puissent être touchées par la flamme. On chauffe avec du bois, de la tourbe ou de la houille. L'aire du fourneau est garnie de quatre plaques de fonte, munies d'un rebord et inclinées vers le creuset, afin que les gouttes de matière répandues au dehors, puis-

Digitized by Google

sent s'écouler dans le bain. On peut diviser le pot ou creuset avec une feuille de tôle, en deux espaces séparés de grandeurs différentes.

Un des points les plus essentiels, c'est de saisir le degré de température qu'on doit donner au bain. Si l'étain n'est pas assez chaud, il ne peut se combiner avec le fer; s'il est très-liquide, il s'attache en trop petite quantité sur la surface des feuilles. Pour juger de son degré de chaleur, les ouvriers y plongent ordinairement un morceau de papier qui doit se carboniser à l'instant.

Le travail se divise en trois parties : on remplit d'abord le creuset avec 500 à 600 kilog. d'étain, que l'on couvre d'une couche de suif, afin d'empêcher l'oxidation. Lorsque le bain a reçu le degré de fluidité convenable, on y place 200 feuilles de tôle dressées sur leur grand côté; on les en retire ensuite par paquets de 20 à 25, et on les jette dans l'eau pour les refroidir. Les impuretés qui se portent à la surface du bain, sont enlevées par l'étameur avec une cuiller et conservées, parce qu'elles renferment encore des grains métalliques : l'écumage se continue pendant les deux opérations suivantes.

Après avoir traité de cette façon toute la tôle qu'on veut mettre au tain, l'étameur place dans le creuset une feuille pour le diviser en deux parties inégales. Il plonge une certaine quantité de feuilles qui ont déjà subi l'opération précédente dans le bain de la grande case, les pose sur le petit côté et les retire ensuite une à une, pour les placer sur un châssis de fer où le superflu de l'étain doit s'égoutter; mais il doit éviter qu'elles ne se touchent.

L'ouvrier achève l'étamage en saisissant les feuilles une à une avec une *tenette*, pour les plonger dans le bain de la petite case, et les retirer à l'instant; c'est ce qu'on appelle le *lavage ou le tirer-au-clair*. Il les place ensuite sur un autre châssis où elles sont visitées avec soin. Si elles mon-

Digitized by Google

trent des taches, on doit les gratter et les mettre encore une fois dans le creuset. Enfin, on les essuie avec de la sciure de bois et du vieux linge : c'est ce qu'on appelle *ôter la première graisse*. Il faut éviter qu'il ne se mêle avec cette substance quelques grains de sable qui produisent des rayures et déparent le fer-blanc.

Quand on place les feuilles sur le châssis, l'étain liquide coule le long de leur surface, une partie se fige au côté inférieur et forme un bourlet qu'il faut enlever ensuite. Dans quelques usines, on retire les feuilles par leur diagonale et on les pose dans le même sens sur le châssis, en ayant soin de les faire sortir du creuset avec lenteur, afin que l'étain puisse se rassembler vers l'angle inférieur, où il ne forme alors qu'un petit bouton. Ailleurs, au sortir du bain de la petite case, on dresse les feuilles sur une plaque de fonte pourvue d'un léger rebord et chauffée au feu du fourneau d'étamage. On retient sur cette plaque un peu d'étain liquide, dans lequel tombent les gouttes qui s'écoulent des feuilles sans donner naissance à un bourlet. Enfin, si par quelque mesure particulière on n'empêche pas la formation de ce dernier, on le dissout dans un creuset, qui, coulé en fonte, a de 42 à 57 centimètres de longueur, 12 de largeur à la partie supérieure, 7 au fond et 10 de profondeur. Ce creuset est chauffé au feu de flamme et il contient un peu d'étain liquide; on y plonge les feuilles une à une du côté de leur bourlet; on les retire à l'instant et on les frotte avec de la mousse. Ce procédé est défectueux, il donne naissance à la *lisière* qui vient remplacer le bourlet, et occasionne une perte d'étain dont on ne peut se récupérer entièrement par la combustion de la mousse.

Après avoir enlevé le bourlet par l'un ou l'autre de ces procédés, on transporte les feuilles dans un four pour les dessécher à une douce chaleur. En sortant de là, elles

Digitized by Google

passent aux frotteuses qui les nettoient avec un mélange de son et de craie porphyrisée. On finit cette opération appelée *le frotter-au-clair*, avec un linge seulement, pour ôter la poussière répandue sur la surface des feuilles.

1313. Lorsque l'étamage est achevé, on assortit et l'on encaisse le fer-blanc. Dans plusieurs contrées, on le met dans des barils; c'est une méthode vicieuse, parce qu'on est obligé de le courber. Le nombre des feuilles renfermées dans les tonneaux ou caisses varie selon les pays. En France, une caisse en contient 300; en Angleterre, 110, 220, 400 ou 440; on y trouve aussi des caisses de 99 à 112, de 202 à 230, et de 430 à 450 feuilles; en Allemagne, on en met 450 dans un tonneau et 225 dans une caisse : si les feuilles sont très-minces, la caisse ou le demi-tonneau en renferme 300. La tôle mince, celle qu'on destine ordinairement à l'étamage, est livrée quelquefois dans le commerce à l'état de fer noir; la caisse n'en contient alors que 150 feuilles.

Il faut que le fer-blanc ait une épaisseur uniforme, qu'il se trouve exempt d'aspérités et de bosses, que tout son contour soit net, sa surface lisse, brillante, sans taches ni rayures, et sa couleur parfaitement blanche sans présenter une nuance de jaune. Les taches, les soufflures, les rayures, les bosses et les autres défauts que l'on rencontre souvent dans les feuilles, les font classer parmi les rebuts. Les fers-blancs de l'Angleterre et de quelques usines de la Belgique jouissent avec raison d'une grande réputation sous le rapport de leur éclat.

L'usage règle les dimensions des feuilles; dans beaucoup d'usines d'Allemagne, on leur donne 327 millim. sur 241 (12° $\frac{1}{2}$ sur 9° $\frac{1}{4}$, mesure du Rhin), de sorte qu'un tonneau qui en renferme 450, contient 35$^{\text{mèt. car.}}$,60 de fer-blanc. Dans les usines royales de la Silésie, on fait

Digitized by Google

trois espèces de fer-blanc : les feuilles de la première ont $32^{cent.},14$ sur $24^{cent.},13$ ($12\frac{1}{4}$ pouces sur $9\frac{1}{4}$ pouces du Rhin), de sorte que la caisse en contient $17^{mét.\ car.},44$ et le baril 34,88. Les feuilles de la seconde espèce ont 35 centim. sur $25^{m},50$ ($13\frac{3}{8}$ pouces Rhin sur $9\frac{3}{4}$); la caisse en contient donc $20^{met.\ car.},08$. Le fer-blanc des pontons a $39^{cent.},23$ sur 30 ($15°$ sur $11\frac{1°}{2}$ du Rhin); il s'ensuit qu'une caisse en renferme $26^{mét.\ car.},50$.

Le fer-blanc épais se vend à un prix plus élevé que le mince; on en fait un triage plus soigné. Dans beaucoup d'usines allemandes, on désigne le fer-blanc par les lettres XX, X, F, S et A, tracées sur les caisses ou tonneaux; le fer-blanc marqué F et S est le plus mince; le rebut porte la lettre A; ses feuilles ont différentes dimensions.

En Silésie, on désigne les petits échantillons par la lettre F et les plus grands par la lettre D; ils se divisent tous les deux en six classes. Ces subdivisions sont encore bien plus nombreuses en Angleterre; dans ce pays on a l'habitude de classer tous les objets avec beaucoup de soin : par suite on ne tolère que de très-légères différences dans les poids des feuilles de fer-blanc qui appartiennent à la même classe.

1314. Les quantités d'étain, de seigle et de suif consommées semblent au premier coup-d'œil être indépendantes de l'épaisseur du fer-blanc; mais l'expérience prouve le contraire. Pour ce qui est du seigle ou de l'eau sûre, la consommation en est plus forte, si l'on décape des feuilles épaisses, probablement parce que les tonneaux en contiennent un plus petit nombre *. Pour ce qui est de l'é-

* Le décapage de la tôle forte s'exécute aussi avec plus de lenteur. Si l'on plonge à la fois deux feuilles d'épaisseurs différentes dans une même cuve, il peut arriver que l'une se trouve rongée ou percée avant

Digitized by Google

tain, il paraît que la matière liquide devant faire un plus grand chemin en s'écoulant le long des feuilles, forme une couche plus épaisse sur la tôle forte, qui ordinairement a de plus grandes dimensions que la tôle mince. Il en est à peu près de même pour la consommation du suif, qui dépend du temps et de la durée de l'étamage; car on place en une fois une moindre quantité de feuilles épaisses dans le creuset et elles y séjournent plus long-temps avant de prendre la température du bain.

1315. Ce qui vient d'être dit sur le décapage et la mise au tain est conforme aux procédés usités en Allemagne. La tôle fabriquée sous le marteau ne peut jamais avoir une surface entièrement exempte de bosses et de cavités. Pour la tôle laminée, elle est presque toujours gravée, quelque soin qu'on apporte à sa fabrication, et cette défectuosité devient plus sensible après le décapage. L'oxide imprimé dans cette tôle s'y attache avec tant de force qu'on ne peut l'enlever complètement au moyen des eaux sûres. Il y reste toujours des points oxidés qui, après l'étamage, ternissent l'éclat de la feuille.

On sait que la plupart des fers-blancs allemands ont un brillant faible et nuageux, qu'ils sont couverts d'une couche d'étain d'épaisseur inégale et qu'ils ne possèdent jamais un éclat miroitant parfait. Ce défaut est la suite de cette inégale épaisseur de l'étain, joint à la texture cris-

---

que l'autre soit entièrement décapée. Ce phénomène singulier peut être attribué en partie à la répartition de la chaleur, attendu que la feuille mince exige moins de temps que n'en demande la feuille épaisse pour parvenir à la température du bain; l'acide agit donc pendant quelque temps avec plus d'activité sur la première; mais la principale raison qui rend le décapage des feuilles épaisses plus lent et occasionne une plus grande consommation d'acide, c'est qu'elles sont presque toujours plus gravées que les feuilles minces.

Digitized by Google

talline que prend ce métal, quand il n'est pas d'une pureté parfaite. Le fer lui-même nous offre un exemple de ce genre; ses propriétés peuvent être modifiées par la présence d'une si petite quantité de substance étrangère qu'on ne parvient pas même à la déterminer par l'analyse. En essayant une certaine espèce d'étain qui ne pouvait servir à l'étamage, Rinman y trouva de très-petites quantités de cuivre, de fer, de zinc et d'arsenic : épuré dans le fourneau de liquation, cet étain devint d'un bon usage.

On a essayé de passer les feuilles étamées sous des cylindres polis pour leur donner l'éclat du fer blanc d'Angleterre, mais on a été trompé dans ces espérances. L'éclat miroitant de ce dernier fait présumer que le décapage de la tôle a été parfait, que l'étain s'est trouvé garanti du contact de l'air au moment du refroidissement et que la cristallisation a été contrariée par une force extérieure. Pour remplir l'un et l'autre des deux derniers objets, il suffit de plonger les feuilles au sortir du creuset dans une matière liquide avant que l'étain soit solidifié; afin de le garantir de l'action de l'air et de l'eau, et d'exercer contre le métal une certaine pression jusqu'à ce qu'il soit entièrement refroidi. La substance qui satisfait à ces conditions est le suif liquide purgé d'humidité.

1316. Tous les acides agissent avec plus d'énergie sur le fer métallique que sur le fer oxidé. On ne peut donc avoir pour but de dissoudre la couche d'oxide dans les eaux sûres, mais on la ramollit pour l'enlever ensuite par le frottement. Si l'oxide adhère fortement à la surface du métal, l'acide semble exercer une action moins puissante, parce qu'il trouve plus d'obstacles à vaincre pour pénétrer entre les deux corps et pour attaquer le fer. Il s'ensuit que le décapage des petites cavités bouchées par l'oxide, doit devenir très-difficile et souvent même im-

Digitized by Google

possible. Mais, comme les acides agissent avec plus de force sur les oxides soumis à un certain degré de chaleur, on doit pratiquer le décapage à une température élevée.

Il en résulte aussi que les eaux sûres et tous les acides végétaux ne pourraient être employés, parce qu'ils ne supportent pas un haut degré de chaleur.

On a essayé de remplacer l'acide acétique obtenu du blé par celui que donne la carbonisation du bois; mais, quelque désirable que soit cette innovation sous le rapport de l'économie, l'expérience a montré qu'il n'agit pas avec assez d'énergie et que la présence de l'huile empyreumatique le rend difficile à concentrer.

Il n'y a donc que les acides minéraux et particulièrement l'acide hydrochlorique (voyez la première section), qui conviennent au décapage; mais, pour employer cet acide d'une manière économique, on doit changer entièrement l'ancienne méthode que nous venons de décrire. Il faut de toute nécessité qu'on effectue le décapage à la chaleur rouge, pour renforcer l'action des acides sur le fer oxidé: ce procédé exclut l'usage des eaux sûres et de tous les acides végétaux, parce qu'ils se décomposent à ce degré de température.

Quel que soit le mode de décapage employé, il en résulte toujours des gravelures, qui détruisent le poli de la tôle et diminuent l'éclat du fer blanc. Pour faire disparaître ces inégalités, on doit passer les feuilles à froid et à plusieurs reprises, entre des cylindres polisseurs, après les avoir décapées à la chaleur rouge; on les recuit ensuite dans des vaisseaux clos et l'on achève le décapage par la voie humide.

1317. Ce n'est pas avec l'étain ordinaire du commerce qu'on peut fabriquer du fer blanc de première qualité: on l'emploie pour la confection du fer blanc commun qui est terne et nuageux.

Digitized by Google

L'étain d'Angleterre le plus fin, qu'on retire des minérais d'alluvion, peut s'employer sans qu'il ait été préalablement épuré : il donne au fer blanc un éclat miroitant parfait; mais on se le procure difficilement. Les différentes espèces d'étain anglais qu'on obtient par d'autres minérais ne peuvent servir pour le fer blanc brillant.

M. Thomson n'a trouvé dans l'étain de Cornouaille que des traces de cuivre et de fer; les quantités de ces métaux étrangers étaient si petites qu'elles variaient entre 0,002 et 0,0001 dans un des échantillons les moins purs. M. Schrader a obtenu des résultats bien différens; l'étain d'Angleterre contient d'après ce chimiste depuis 1,7, jusqu'à 10,25 pour cent de corps étrangers: fer, cuivre, arsenic et bismuth; dans quelques autres espèces il a trouvé du plomb, de l'arsenic et de l'antimoine; dans l'étain d'Espagne, il a découvert du souffre; dans celui du Pérou, une trace de tungstène, dans celui de Banca et de Malaga, un pour cent d'autres métaux : fer, cuivre et bismuth.

Si l'étain contient du plomb, qui ne manque presque jamais dans celui du commerce, le fer blanc devient terne. La présence de ce métal dans l'étain est d'autant plus fâcheuse qu'on s'en débarrasse très-difficilement.

Si donc on veut fabriquer du fer blanc brillant, on est forcé dans presque tout les cas de raffiner l'étain qu'on veut employer : on ne peut s'en dispenser, du moins pour celui qui doit servir pour le tirer-au-clair. Cette opération occasionne toujours beaucoup de dépenses, si le produit obtenu doit être de bonne qualité : lorsque la chaleur du fourneau est trop élevée, les métaux étrangers sont entraînés en fusion avec l'étain et le but est manqué; quand au contraire on opère à une basse température, il reste beaucoup d'étain dans les matières étrangères, dont le mélange devient de plus en plus réfractaire.

Le raffinage de l'étain se fait dans des fours à réverbère

Digitized by Google

dont la sole confectionnée en poussière de coke est très-inclinée. Lorsqu'il est impur, on doit le raffiner à plusieurs reprises, ce qui augmente nécessairement les frais et le déchet. On place l'étain près du pont et l'on donne une douce chaleur; à mesure qu'il devient liquide, il s'écoule sur la sole, dont la pente est rapide; les autres métaux qui sont moins fusibles restent sur l'autel, combinés avec une certaine quantité d'étain.

Les résidus qu'on obtient par cette opération, peuvent se traiter à un degré de température plus élevé; on en retire alors un étain moins pur, qu'on emploie pour la fabrication du fer blanc terne. Ce qui reste ensuite sur l'autel ne peut servir que pour les fabricans de boutons, les fondeurs, etc.

1318. Nous allons exposer les procédés qu'on emploie en Angleterre pour la fabrication du fer blanc le plus brillant : ce que nous dirons à ce sujet est extrait en grande partie du mémoire de M. Parkes.

Lorsque le laminage des feuilles est terminé, on les découpe d'après les dimensions voulues, avec une cisaille mue à bras d'homme *.

---

* Les anglais n'emploient pour la fabrication de la tôle qu'ils veulent étamer, que du fer affiné au charbon de bois.

On choisit la fonte et on la traite d'abord dans le feu de finerie, de manière que le produit obtenu ne présente dans sa cassure aucune soufflure; tandis que le fin métal qui doit servir à la fabrication du fer ordinaire, doit être caverneux au tiers et même à la moitié de son épaisseur.

Les feux d'affinerie employés sont moins grands que les nôtres, souvent ils sont recouverts sur une certaine partie par une voûte et pourvus alors d'un échappement pour la flamme, dans ce cas la tuyère est très-plongeante. On place dans le rampant les plaques de fonte qu'on veut affiner, pour les faire rougir d'abord Après qu'on a fait sortir du foyer une loupe, on y pousse ces plaques pour les fondre avec lenteur. L'affinage s'achève dans ces feux, de manière que la loupe puisse être cinglée et

Digitized by Google

Le découpeur est chargé aussi de ranger la tôle par tas; chaque pile composée de 225 feuilles est séparée de la précédente par une feuille mise en travers.

La tôle préparée de cette façon, est remise entre les mains du décapeur, qui courbe chaque feuille dans le sens de la longueur, lui donne la forme suivante ∧, et la plonge dans l'acide hydrochlorique étendu dans 6 parties d'eau; elles y restent 5 minutes. En les retirant, l'ouvrier les dispose par files de trois feuilles, devant le four à décaper, les soulève ensuite avec une barre de fer pour en introduire à la fois trois dans le foyer, qui en reçoit 6 files, de sorte qu'il s'y trouve toujours 18 feuilles. On les fait aussi sortir par trois quand elles ont atteint la couleur rouge, et à mesure qu'on en retire une rangée on la remplace par une autre. Ce travail s'exécute avec tant de promptitude que dans une heure on peut chauffer 600 à 700 feuilles.

Le four à réverbère qui sert à décaper est pourvu d'un pont qui s'élève de 48 à 52 centimètres au-dessus de la sole. Cette dernière reçoit une pente de 16 à 20 centim. depuis la porte jusqu'au pont qui lui est opposé. La voûte s'abaisse tellement que, sur le devant, elle se trouve au-dessous du niveau de la partie supérieure du pont. La flamme et la fumée s'échappent par la porte. Cette dispo-

---

convertie en une pièce qu'on étire entre les cylindres, après qu'elle a reçu une chaude.

Dans d'autres usines, comme à Pontipool, dans le pays de Galle, on retire du foyer le fer dès qu'il montre un peu de cohérence; on en fait de petites loupes qu'on aplatit sous un marteau frontal, pour les mettre sous la forme de gâteaux minces. Les morceaux qui se séparent de la masse y sont ressoudés à l'instant ou reportés dans le foyer. Le jet d'air m'a paru presque horizontal; tandis que dans le Strafortshire, où l'on achève la décarburation du métal dans le feu d'affinerie, la tuyère est plongeante. Les gâteaux se traitent dans les fours de chaufferie appelés fagotted furnaces; la description en a été donnée au paragraphe 1259.

Le T.

Digitized by Google

sition a pour but d'empêcher l'air atmosphérique de pénétrer dans le fourneau, dont la partie antérieure est presque toujours ouverte.

Après que la tôle est refroidie un ouvrier la recourbe sur une enclume de fonte *.

1319. En courbant et en recourbant les feuilles, on les déforme. Pour les redresser on les passe entre des cylindres qui sont doués d'une grande dureté, et qu'on serre fortement l'un contre l'autre. Par cette opération on a pour but non-seulement de redresser les feuilles, mais aussi de les aplanir et de leur donner une espèce de poli : on n'y parvient qu'en les soumettant à une très-forte compression.

Les feuilles qui ont été redressées entre les cylindres à polir, doivent être décapées une deuxième fois. On les pose dans un vase plein d'un acide végétal, appelé lessive; ces vases sont ordinairement des caisses de fonte qui, placées l'une à côté de l'autre, sont chauffées toutes par un même conduit de chaleur qui règne au-dessous de leur fond. La liqueur se compose d'une eau qu'on a laissée en fermentation avec du son pendant 9 à 10 jours, ou jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment acidifiée. On y plonge les feuilles une à une, afin que toutes leurs parties soient en contact avec la lessive. Elles sont posées de champ et restent 12 heures dans ce liquide, mais pendant ce temps on est obligé de les retourner une fois.

Après que les feuilles ont été retirées de la lessive, on les plonge tout de suite dans l'acide sulfurique fortement étendu d'eau. Cette dernière partie du décapage s'effectue dans une longue caisse de plomb, divisée par plusieurs

* L'ouvrier courbe et recourbe la feuille à plusieurs reprises, pour faire tomber la couche d'oxide. Le T.

Digitized by Google

cloisons de ce métal, de manière que chaque compartiment, peut recevoir une pile de 225 feuilles. On commence par remplir d'acide ces différentes cases; on y plonge ensuite les feuilles, on les agite de temps à autre et on les laisse dans le liquide au moins une heure, ou jusqu'à ce que les taches noires qu'on y remarquait auparavant aient disparu. On favorise l'action de l'acide en élevant la température à 32 degrés de Réaumur. On emploie pour cet effet, comme dans l'opération précédente, des conduits de chaleur qui règnent au-dessous de la caisse.

Le décapage est, de toutes les opérations relatives à la fabrication du fer blanc, la plus épineuse: c'est d'elle que dépend particulièrement la beauté des produits; si les feuilles restent trop long-temps dans l'acide, elles prennent une couleur foncée et reçoivent des vésicules qui se manifestent surtout après l'étamage. Ce n'est qu'après une longue pratique qu'on peut saisir le moment où on doit les retirer. La formation des vésicules, qui produisent un effet si nuisible, doit être attribuée à une trop forte action de l'acide sulfurique sur le métal. Le fer mou et nerveux est le plus fortement attaqué par l'acide; c'est aussi le fer mou qui est le plus sujet à se vésiculer.

Les feuilles retirées de l'acide sulfurique, sont plongées dans un vase rempli d'eau pure, d'où on les retire ensuite une à une pour les frotter avec du vieux linge et du sable. Le but de cette opération mécanique est d'enlever les dernières parties d'oxide; les endroits où il resterait une trace de rouille, une impureté quelconque, ne pourraient pas se couvrir d'étain. Ecurées de cette manière, les feuilles se conservent sous l'eau jusqu'au moment où elles doivent passer à la mise au tain: parfaitement décapées et nettoyées, elles ne se rouilleraient pas dans l'eau très-pure, lors même qu'elles y resteraient une année entière.

Digitized by Google

1320. Pour étamer la tôle, on a besoin de plusieurs vases en fonte, contenant de l'étain ou du suif: deux seulement sont nécessaires pour l'étamage proprement dit; les autres servent pour l'opération qu'on appelle le tirer-au-clair ou le lavage.

On commence par placer dans un pot de suif les feuilles qu'on veut étamer; on en remplit le vase en entier. Elles y restent une heure à peu près; si on les en retirait plus tôt l'étamage ne serait pas aussi beau.

De ce pot on plonge immédiatement les feuilles avec le suif qui en couvre les surfaces dans le bain d'étain; on les y place verticalement au nombre de 340. Elles doivent y rester une heure et demie; quelquefois on est obligé de leur donner plus de temps pour qu'elles puissent s'étamer complètement. Ce pot renferme de l'étain commun, on le chauffe aussi fortement qu'il est possible, sans mettre en combustion le suif qui couvre la surface du bain. L'expérience a prouvé que le suif rance produit de meilleurs effets que le suif frais.

Après avoir retiré les feuilles une à une du pot d'étain, on les dispose de champ sur un châssis de fer, pour laisser égoutter le superflu du métal; malgré cette précaution elles en retiennent toujours une trop grande quantité qui nuit à leur aspect, et augmente la dépense: on enlève l'excès d'étain par l'opération suivante, le *tirer-au-clair*.

Pour le tirer-au-clair on a besoin de quatre pots différens: le premier est rempli avec l'étain le plus pur; le deuxième contient du suif fondu; le troisième qui est vide se trouve placé au-dessous d'un châssis en fer; le quatrième enfin contient une couche d'étain liquide de 6 millimètres de hauteur.

Ces quatre pots, ainsi que ceux qui servent pour l'étamage proprement dit, sont établis sur une maçonnerie de brique, le dessin (Pl. VIII, Fig. 11) offre l'ensemble de

ces diverses caisses : les étoiles indiquent les endroits où les ouvriers sont placés pendant le travail et font connaître en même temps les pots qui sont chauffés en dessous. Le mouvement des feuilles qui doivent passer d'une caisse dans une autre s'effectue toujours de la droite vers la gauche. On sépare toutefois, par une certaine distance, les deux pots qui servent pour l'étamage proprement dit, de ceux qui sont employés pour le tirer-au-clair.

a est le pot de suif;

b est le premier pot d'étain, ne contenant que de l'étain commun, ou bien celui qui a déjà servi dans la grande case du pot à laver;

c le pot du lavage pourvu d'une cloison : l'objet de cette dernière est de retenir les impuretés et d'empêcher que l'étain commun dont les feuilles sont encore chargées, ne vienne souiller le bain de la deuxième case où l'on achève le tirer-au-clair. Dans le premier compartiment du pot *c*, on met d'abord de l'étain très-pur, ensuite on y fait servir celui qui a déjà été employé pendant quelque temps dans la deuxième case du pot de lavage. Cette dernière doit être remplie avec l'étain le plus pur qu'on puisse se procurer et qu'on renouvelle fréquemment *;

d est le pot de suif;

e le pot vide qui contient un châssis en fer, ou bien qui est placé au-dessus de ce châssis : ce pot n'est pas chauffé;

f le pot où l'on fait dissoudre le rebord des feuilles (*listingpot*).

1321. Pour tirer au clair les feuilles déjà étamées, le

* On conçoit que par cette disposition, le métal contenu dans la petite case du pot à laver doit toujours être très-pur; puisque cette case a une faible capacité, par rapport à celle du grand compartiment, et que par cette raison, on peut renouveller plus souvent l'étain qu'elle renferme. Le T.

Digitized by Google

laveur commence par les placer dans la grande case du pot à laver (*c*). La chaleur du bain fait fondre une partie de l'étain qui couvre les feuilles et qui vient altérer de plus en plus la pureté de la masse liquide. De sorte qu'on est obligé bientôt de la renouveler, du moins en partie. Dès que les feuilles ont acquis la température du métal liquide, on les en retire. Enlevées de la grande case du pot à laver, elles sont frottées à l'instant avec un pinceau de chanvre. Cette opération demande beaucoup d'adresse; nous allons en donner le détail.

Le laveur fait sortir du pot un certain nombre de feuilles qu'il place devant lui sur l'aire du fourneau, en saisit une avec les tenailles qu'il tient dans la main gauche, la nettoie promptement sur les deux surfaces avec le pinceau de chanvre qu'il tient dans la main droite, la plonge tout de suite dans la petite case du pot à laver, et sans l'abandonner la retire et la place dans le pot de suif (*d*).

Le pinceau, en passant sur le métal qui est encore très-chaud, y laisse des traces qui disparaissent par la deuxième immersion.

Ce travail doit s'exécuter avec une extrême vitesse: il exige de la part des ouvriers une grande habitude. Il paraît qu'on ne peut se dispenser de frotter les feuilles avec le pinceau de chanvre, quand on veut leur donner un éclat miroitant parfait *.

Les feuilles laissent écouler dans le pot de suif le superflu de l'étain qu'elles retiennent. Lorsqu'on les plonge dans la graisse, le métal est encore très-près de son point de fusion; il s'en détache donc une partie d'autant plus grande qu'elles séjournent davantage dans ce pot. Si elles y restaient plus long-temps qu'il n'est nécessaire, on serait

* Le travail s'exécute avec une si grande promptitude qu'un ouvrier adroit peut laver dans sa journée 25 piles ou 5625 feuilles. Le T.

probablement obligé de les étamer encore une fois; si, au contraire, on se dispensait de les mettre dans le suif, elles retiendraient trop d'étain, ce qui serait préjudiciable à la fois aux intérêts du manufacturier et à l'apparence du fer blanc, qui aurait des ondulations à la surface.

La graduation de la température du pot de suif est aussi un point important: elle doit augmenter en raison inverse de l'épaisseur du fer blanc. Les feuilles épaisses retiennent plus de chaleur que les feuilles minces. Si par conséquent le suif avait le degré de température nécessaire pour celles-ci, il serait trop chaud pour les feuilles épaisses qui, trempées dans ce suif, perdraient trop d'étain et se coloreraient en jaune. Des feuilles minces, au contraire, trempées dans un bain de graisse préparé pour des feuilles épaisses, n'éprouveraient point de changement, ou du moins ils retiendraient une trop grande quantité d'étain.

Le pot de suif du lavage est pourvu de pointes qui tiennent les feuilles séparées l'une de l'autre, de manière qu'elles ne puissent se toucher. Dès que l'ouvrier a placé cinq feuilles dans ce pot, un garçon prend la première et la pose sur le châssis du pot vide (*e*), afin qu'elle se refroidisse et que le suif puisse s'égoutter. Le laveur remplace en même temps cette feuille par une autre sortant du pot à laver. Le garçon prend ensuite la deuxième qui se remplace comme la première et ainsi de suite. Le travail s'exécute donc sans interruption jusqu'à ce qu'une masse donnée de fer blanc ait été tirée au clair.

Comme les feuilles se refroidissent dans une position verticale, il se forme à leur côté inférieur un bourlet, qu'on est obligé de faire disparaître: un garçon prend pour cet effet les feuilles, aussitôt qu'il y en a cinq dans le pot de refroidissement (*e*), et les place une à une dans le *listingpot* (*f*), qui, comme nous l'avons remarqué ci-dessus, contient très-peu d'étain liquide. Après que le

Digitized by Google

bourlet s'est fondu par cette dernière immersion, le garçon retire la feuille et lui donne un coup vif avec une baguette. L'ébranlement qui en résulte fait tomber l'étain liquide, de sorte qu'il n'en reste plus qu'une trace presqu'imperceptible appelée *lisière*.

On termine les diverses opérations de l'étamage, en frottant les feuilles avec du son pour en ôter le suif. On les met ensuite dans des caisses de bois ou de tôle.

Digitized by Google

SIXIÈME SECTION.

DE L'ACIER.

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ACIER.

1322. La nature de l'acier, l'analogie et la différence qui existent entre ce métal, la fonte blanche et le fer ductile, ont été exposées d'une manière assez étendue dans la première section de cet ouvrage, pour ne plus exiger d'autres développemens. Il en résulte qu'on peut obtenir l'acier par deux méthodes opposées, soit en décarburant la fonte blanche, soit en combinant le fer forgé avec une certaine quantité de carbone. Extrait de la fonte, il prend le nom d'*acier naturel*, d'*acier de fusion* ou *de forge*; composé avec le fer en barres, soumis assez long-temps à une haute température dans la poussière de charbon, il s'appelle *acier de cémentation*: l'un et l'autre étirés en barres minces, soudés ensemble donnent lieu à *l'acier* dit *raffiné*. En liquéfiant l'un ou l'autre, on obtient *l'acier fondu*; ce dernier devenu parfaitement homogène* par la fusion, possède par conséquent une qualité supérieure: c'est pour cette raison qu'il forme une classe à part, quoique ses propriétés dépendent entièrement de la nature de l'acier dont il tire son origine.

---

* L'acier homogène est celui dont toutes les parties de la masse contiennent une égale quantité de carbone: l'acier hétérogène renferme des parcelles de fer plus ou moins carburées. Le T.

Digitized by Google

1323. Comme il y a une grande différence entre les diverses espèces de fer, sous le rapport de leur dureté et de leur ténacité, il serait assez convenable de les classer. Cependant il existe peu de contrées où les fers soient désignés par des noms particuliers et vendus dans le commerce à des prix plus ou moins élevés *. Il n'en est pas de même de l'acier, on le rencontre sous une foule de noms différens. Trois espèces seulement l'*acier de fusion*, l'*acier de cémentation* et l'*acier fondu*, sont désignées d'après leur mode de préparation. On devrait s'applaudir de la multiplicité de ces dénominations, si elles présentaient toujours des renseignemens positifs sur la ténacité, la dureté et l'élasticité de ce métal; mais il n'en est pas ainsi : les manufacturiers donnent, le plus souvent, à leurs aciers des noms insignifians, qui chargent la mémoire inutilement et laissent l'acheteur dans une ignorance complète des propriétés du métal. Il ne peut alors les connaître que par l'expérience : d'ailleurs les résultats qu'il obtient ne sont pas toujours constans pour les mêmes espèces.

1324. L'acier de forge et l'acier de cémentation manquent toujours d'homogénéité, quelques soins qu'on prenne de les assortir. Leur mode de préparation est tellement imparfait qu'on trouve souvent dans une même barre, de l'acier dur, de l'acier doux et même du fer mou. C'est pour cette raison qu'il existe peu de pays où l'acier brut soit considéré comme un objet de commerce. Il faut donc le soumettre à une opération particulière pour le rendre plus homogène; on l'étire pour cet effet en barres minces,

* Les fers sont classés dans le commerce en fer fort, fer métis et fer tendre; et ils se vendent à des prix très-différens : on distingue en outre les fers pudlés de ceux qui ont été affinés au charbon de bois. Les prix de ces fers, étirés d'ailleurs aux mêmes dimensions, peuvent varier selon leur qualité, dans le rapport de cinq à trois. Le T.

Digitized by Google

réunies ensuite et soudées ensemble, de manière que les proportions de l'acier dur et de l'acier mou, les plus constantes possible pour les mêmes espèces, soient relatives aux propriétés que doit avoir le métal : c'est ce qu'on appelle *raffiner l'acier*. Le nom d'acier raffiné est donc assez impropre, si on veut l'appliquer exclusivement à l'acier naturel, puisqu'on peut raffiner aussi l'acier de cémentation.

En répétant le raffinage, on rend l'acier de plus en plus homogène, mais alors son prix augmente nécessairement. Si à l'état brut il appoche déjà de l'homogénéité qu'il doit recevoir par cette opération, il passera moins souvent au feu et conservera d'autant mieux sa dureté première.

On ne raffine point l'acier fondu, attendu que la fusion lui donne une homogénéité parfaite.

INFLUENCE DE LA NATURE DES MATIÈRES PREMIÈRES SUR LES QUALITÉS DE L'ACIER.

1325. Si la qualité du fer cru s'étend à celle du fer forgé, elle exerce encore une plus grande influence sur les propriétés de l'acier. Tous les vices que le fer en barres reçoit de la fonte, se manifestent à un plus haut degré dans l'acier de fusion ou dans l'acier de cémentation : la dureté et l'aigreur que lui donne le carbone s'accroissent à un tel point par la présence des matières étrangères, qu'il peut devenir impropre à la plupart des usages.

On ne doit donc convertir en acier que la fonte et le fer forgé qui, jouissant d'une grande pureté, ne contiennent presque d'autres substances étrangères que le carbone. Il s'ensuit que, dans les contrées dépourvues de minérais purs, qui par une surcharge du haut fourneau, donnent une fonte avec laquelle on peut obtenir du bon fer, dans ces contrées, dis-je, on ne peut traiter pour acier que la fonte grise obtenue par un mélange très-fusible

Digitized by Google

de minérais et de fondans; il est essentiel que le métal devienne parfaitement liquide au feu d'affinerie, et qu'en tombant par gouttes dans le creuset, il soit soumis pendant son trajet à l'action du courant d'air : c'est le seul moyen qu'on puisse employer pour opérer l'oxidation et le départ des matières étrangères. Le travail devient alors plus difficile; c'est par une longue manipulation que dans le creuset, on doit d'abord convertir la fonte grise en une fonte qui deviendrait blanche par un refroissement spontané; afin qu'elle soit parfaitement épurée avant qu'on ne songe à en achever l'affinage. Cette conversion ne peut du reste s'opérer que par la combustion d'une partie du carbone que renferme la fonte grise. Mais il peut arriver que par ce long travail, elle cède à l'oxigène une trop grande quantité de carbone, de manière que le résultat final soit plutôt un fer aciéreux qu'un véritable acier, et que le but de l'opération se trouve manqué.

Le traitement de la fonte grise exige donc des soins tout particuliers, de l'adresse, de l'expérience et une grande attention de la part des ouvriers. Ces difficultés ont fait naître, chez plusieurs métallurgistes, l'idée que la fonte grise ne pouvait pas se convertir en acier : mais les manières différentes dont le carbone est renfermé dans les diverses espèces de fer cru, et les propriétés opposées qui en résultent suffisent pour expliquer tous les phénomènes.

On abrégerait la préparation de l'acier, en blanchissant la fonte par une seconde fusion opérée au charbon de bois. Quelque avantageux que soit le grillage, lorsque la fonte blanche doit se convertir en fer ductile, on ne pourrait en faire usage pour celle qui doit donner de l'acier, parce que le passage de la fonte à l'état de fer demi-affiné deviendrait trop rapide *.

* Le métal serait épais ou solide en tombant dans le creuset; on

1326. Le fer cru le plus aigre et le plus dur passe, par une infinité de nuances, de l'état de fonte blanche à celui de fer ductile et mou. On pourrait croire pour cette raison, que ce n'est pas une chose si difficile de fabriquer de l'acier d'une dureté quelconque, puisqu'il suffirait de connaître la quantité de carbone qu'il doit contenir; mais il n'existe aucun moyen de déterminer cette dose de carbone avec exactitude, et dans la supposition même que ce moyen fût connu, il serait impossible de combiner le fer avec une dose prescrite de cette substance : tout est abandonné, sous ce rapport, à l'habitude et à l'intelligence de l'ouvrier.

Ces difficultés paraissent encore plus grandes, si l'on considère qu'il est impossible d'enlever ou d'ajouter une égale quantité de carbone *à toutes les parties de la masse;* et c'est pourtant de son homogénéité que dépend la bonté de l'acier. Si la fonte contient très-peu de matières étrangères et de graphite, on pourra, pendant l'affinage pour acier, la dérober toujours à l'action du courant d'air; le fer conservera donc beaucoup de carbone qui sera réparti dans le métal avec uniformité.

Quant à la cémentation, elle sera d'autant plus facile et les produits seront d'autant meilleurs que le fer employé sera plus dur et plus tenace; pour se changer en acier, le fer dur n'a pas besoin d'une aussi grande quantité de carbone que celle qui serait nécessaire au fer mou. Si l'on voulait remédier au défaut d'homogénéité par un raffinage répété un grand nombre de fois, on détruirait peu à peu la nature aciéreuse du métal, par les nombreuses chaudes blanches.

n'aurait alors aucun moyen de le purifier, parce qu'on ne peut l'exposer directement au courant d'air quand on le traite pour acier. Il est d'ailleurs très-nécessaire que la masse fondue conserve sa liquidité le plus long-temps possible, pour que le produit devienne homogène. Le T.

Digitized by Google

1327. Quoique l'acier soit plus dur que le fer, il faut pourtant que non trempé ni battu à froid, il soit ductile, malléable et qu'il possède assez de mollesse pour qu'on puisse l'entamer avec les outils qui servent au travail du fer. L'acier qui, refroidi avec lenteur, est aigre et dur, se rapproche de la fonte. Celui qui au contraire prend peu de dureté à la trempe, doit être rangé parmi les fers. Ces diverses modifications sont dues à la plus ou moins grande quantité de carbone contenu dans le métal. Du reste nous avons vu dans la première partie de cet ouvrage, que le carbone est contenu d'une manière bien différente dans l'acier trempé et dans celui qui a été refroidi lentement.

Les propriétés de l'acier trempé dépendent non-seulement de la dose de carbone qu'il renferme, mais aussi de l'uniformité avec laquelle ce corps est réparti dans le métal; l'une influe sur sa dureté, l'autre détermine principalement sa résistance et son élasticité. On obtient souvent avec la même fonte ou le même minérai du fer forgé très-pur, d'excellent acier et quelquefois un métal intermédiaire extrêmement dur, sans être ni assez tenace ni assez élastique pour mériter le nom d'acier. En général tous les aciers non homogènes, qui souvent contiennent même du fer doux, peuvent avoir beaucoup de dureté sans ténacité: quelquefois aussi ils sont mous et aigres à la fois, de manière qu'effilés en pointes délicates ils s'ébrèchent.

Les fontes qui, pendant l'affinage, doivent être travaillées au milieu du courant d'air, ou bien les fers ductiles qui sont très-mous et que l'on serait obligé de soumettre à une forte cémentation, ne peuvent jamais donner un acier homogène: les produits obtenus sont durs et faiblement élastiques, ou mous et dépourvus de résistance; on les améliore par le raffinage; mais on les ramollit en même temps et l'on détruit encore une partie de leur élasticité.

Digitized by Google

1328. Nous avons déjà parlé dans la première section de l'influence du manganèse sur le fer. Il n'est guère probable que le manganèse augmente la dureté et l'élasticité de l'acier; il paraît seulement que la présence de ce métal étranger ne produit point d'effet nuisible. Il arrive souvent que l'acier obtenu avec des minérais très-riches en manganèse, contienne à peine une trace de ce métal; tandis que le fer le plus doux en renferme quelquefois une assez grande quantité. L'analyse chimique a fait justice de l'opinion assez généralement répandue, que les minérais manganésifères produisent de bon acier, parce que le manganèse entre en combinaison avec le produit. Les minérais manganésifères et surtout les fers spathiques purs, traités dans les hauts fourneaux, donnent un laitier qui se sépare facilement du métal, et une fonte qui est à la fois très-pure et très-fusible. On peut donc les traiter par surcharges dans les fourneaux à cuve, et en obtenir un fer cru qui, par sa pureté et son faible contenu en carbone, est très-propre à la fabrication de l'acier. Quant au manganèse, il s'oxide par l'affinage et passe dans les scories.

Dans le cas même où les minérais manganésifères seraient traités pour fonte grise, ils donneraient des produits plus purs que ceux des autres minérais; parce que l'oxidule de manganèse se réduit plus facilement que les autres composans du laitier. Il s'ensuit que la fonte obtenue, lors même qu'elle serait grise, contiendrait peu de silicium et mériterait la préférence pour la fabrication de l'acier.

1329. Ce n'est donc pas la dureté seule qui peut constituer le mérite de l'acier, il doit posséder aussi un haut degré de résistance : c'est ce qu'on appelle *avoir du corps*. Lorsque le métal est très-dur et très-aigre, il prend le nom d'*acier sauvage*. Si le manganèse influait d'une manière favorable sur la qualité de l'acier, ce ne pourrait

Digitized by Google

être que sur la ténacité de ce métal; puisqu'il existe du fer très-mou qui contient plus de manganèse que beaucoup d'aciers obtenus de minérais manganésifères: au reste cette influence même n'est pas encore démontrée.

Parmi plusieurs espèces d'acier contenant une même quantité de carbone, le plus tenace, le plus ductile, le plus élastique, est celui dans lequel ce corps se trouve réparti le plus uniformément. Il peut donc exister de l'acier cassant dépourvu d'élasticité et dont les parties séparées paraissent très-dures, quoiqu'il ne contienne pas une plus forte dose de carbone que d'autre acier non moins dur, mais bien plus élastique et plus tenace, parce qu'il est plus homogène. L'uniformité de la répartition du carbone dans la masse dépend de la qualité des matières premières, ainsi que de la manipulation. Le raffinage diminue le manque d'homogénéité, mais il ne peut pas y suppléer entièrement.

1330. L'aigreur est la suite d'une extrême dureté. Toutefois il existe des aciers très-durs et très-tenaces à la fois, tandis qu'il en est d'autres qui sont et peu durs et très-aigres: le meilleur devrait être aussi le plus dur et le plus tenace. C'est par l'uniformité de la distribution du carbone, qu'il peut approcher de ce degré de perfection. Il s'ensuit que l'acier fondu qui a été tenu assez long-temps en bain, doit occuper le premier rang, parce que le carbone peut dans ce cas se répartir de la manière la plus uniforme, et que le métal devient alors très-homogène. La dureté et l'aigreur qui en résulte, sont donc en rapport direct avec la dose de carbone contenu dans l'acier fondu *.

* L'acier fondu, qui est le plus homogène de tous les aciers, n'est pourtant pas le plus tenace: la résistance des métaux dépend d'une cer-

Digitized by Google

L'acier naturel ne peut devenir parfaitement homogène; il l'est d'autant moins que la fonte qui le produit est plus impure : c'est ce qui explique les grandes différences qu'on trouve entre les aciers de cette espèce. Il en est de très-durs et de très-tenaces à la fois et d'autres qui sont durs et cassans, quoiqu'ils puissent tous contenir la même quantité de carbone.

L'acier de cémentation est le moins homogène, parce qu'il est impossible que les barres de fer se combinent dans toute leur longueur et dans toute leur épaisseur avec une égale dose de carbone. Si l'on veut en augmenter la dureté, on en diminue la ténacité; il ne faut donc l'employer que pour des instrumens très-durs qui n'ont pas besoin d'offrir une grande résistance : il est alors préférable à l'acier de forge.

1331. Si un même acier devait convenir à tous les usages, il faudrait qu'il fût à la fois très-dur et très-tenance; mais il est impossible de lui donner ces deux qualités au plus haut degré. Les aciéries doivent par conséquent varier et assortir leurs produits, pour satisfaire à tous les besoins de l'industrie : elles travailleraient d'une manière bien désavantageuse, si elles ne pouvaient en débiter plusieurs espèces, parce qu'il est impossible, du moins dans la préparation de l'acier naturel et de l'acier de cémentation, d'obtenir toujours des résultats propres au même emploi.

---

taine disposition des molécules, et l'arrangement qu'elles affectent lorsque la matière a été liquide, n'est pas celui qui correspond au maximum de ténacité. Le zinc en fournit un exemple frappant. Au reste, la ténacité de l'acier fondu peut s'accroître par la durée du refroidissement, et surtout par le martelage. Le T.

Digitized by Google

SIGNES CARACTERISTIQUES DE L'ACIER.

1332. L'acier non trempé doit être malléable à froid et à chaud comme le fer fort et dur, dont il ne forme pour ainsi dire qu'une variété. Trempé, et chauffé de nouveau, il doit reprendre sa ductilité. La trempe qui rend l'acier si dur, ne fait qu'aigrir le fer cassant à froid sans en accroître la dureté.

C'est avec raison que Rinman regarde la trempe comme un moyen certain de distinguer l'acier du fer ductile. Le fer mou chauffé au rouge et plongé dans l'eau ne s'aigrit nullement; toute espèce de fer qui se durcit par un prompt refroidissement, est aciéreux et n'en devient que meilleur pour beaucoup d'usages.

La trempe produit d'autant plus d'effet, et elle doit être effectuée à un degré de chaleur d'autant plus faible, que l'acier contient plus de carbone. Plus il devient aigre par le refroidissement subit, plus il est mauvais: si le défaut provient de la qualité des matières premières employées, il est sans remède; s'il résulte de la répartition inégale du carbone, on peut le corriger en quelque façon par un raffinage répété; mais le métal perd de sa dureté. Il s'ensuit que le meilleur acier est celui qui, chauffé au plus faible degré et refroidi dans l'eau, devient le plus dur, et qui, avant et après la trempe, possède la plus grande dureté, jointe à la plus grande élasticité.

1333. Quelque bon que soit l'acier, il prend toujours de l'aigreur par la trempe. Pour empêcher alors que les objets tranchans ne s'ébrèchent, on leur donne un léger recuit proportionné à la dureté acquise. Les instrumens destinés à résister aux chocs se recuisent fortement; l'acier est dans ce cas d'autant meilleur que, perdant son ai-

Digitized by Google

greur, il conserve plus de dureté. On est toujours à même de faire disparaître l'aigreur qui provient de la trempe, en donnant un recuit assez intense: mais il faut que l'acier soit d'une excellente qualité, pour conserver alors une dureté convenable.

1334. En résumé voici les signes auxquels on peut reconnaître le meilleur acier:

1° Trempé dans un liquide, à un faible degré de chaleur, il devient très-dur;

2° Sa dureté est uniforme dans toute la masse;

3° Après la trempe, il résiste aux chocs forts sans se rompre et ne perd sa dureté que par un recuit très-intense;

4° Il se soude avec facilité, ne se fendille pas, supporte une chaleur très-élevée et conserve presque toute sa dureté après un raffinage répété;

5° Il montre dans sa cassure *le grain le plus fin et le plus égal*, possède une grande pesanteur spécifique et convient par conséquent aux objets polis; parce qu'il est très-homogène, et qu'il peut recevoir le plus haut degré d'éclat.

L'acier qui posséderait ces qualités à un degré éminent serait parfait; mais il arrive très-rarement qu'on puisse les réunir dans une seule espèce. Lorsqu'on exige une grande dureté et un très-beau poli, on est souvent forcé de renoncer à la soudabilité et de choisir un acier qui se rapproche du fer cru.

1335. Nous avons déjà fait observer aux paragraphes 45 et 55 que la couleur de l'acier ne doit point avoir des nuances bleuâtres, qui seraient un indice de fer, et que sa texture doit être matte, grenue, uniforme, non mêlée de filamens nerveux. L'éclat de sa cassure augmente un peu

Digitized by Google

par la trempe, parce que sa couleur s'éclaircit; son grain devient alors tellement fin qu'il échappe à l'œil nu. Si un acier reconnu de bonne qualité, acquiert au contraire par la trempe une grainure grosse, on ne peut douter que la chaude n'ait été trop intense et que le métal n'ait perdu une grande partie de sa résistance et même de sa dureté.

Par la trempe la surface de l'acier se dépouille de la couche d'oxide qui l'enveloppe, c'est ce qu'on appelle *découvrir*. Ce dépouillement est du reste partiel; si la barre *découvrait* dans toute son étendue, on pourrait en conclure que l'acier a été chauffé trop fortement. Le fer ne jouit pas de cette propriété, parce que la chaleur le dilate moins que l'acier et que le refroidissement subit le contracte davantage. Les vertus magnétiques de l'acier, sa manière de se comporter à une température élevée, à l'air humide, à l'égard des acides, etc., ont été exposées dans la première section.

Le raffinage rend l'acier de plus en plus mou, et finit par le changer en fer pur. L'acier de cémentation ne supporte pas un aussi grand nombre de chaudes suantes que l'acier de fusion. Toutefois, si l'on pouvait les chauffer l'un et l'autre dans des vases hermétiquement fermés, ils ne perdraient rien de leur dureté et ils deviendraient à chaque raffinage plus homogènes, plus tenaces et plus élastiques.

1336. On voit, d'après ce qui précède, qu'il est tout aussi important de bien connaître les propriétés de ce métal que de savoir au juste par quel procédé il a été obtenu. Faute d'adresse et d'expérience, on gâte souvent le meilleur acier, ou du moins on ne peut en tirer le parti convenable; mais un habile ouvrier peut en corriger les défauts, s'il lui donne de bonnes chaudes pour le forger et le tremper, et s'il le recuit à un degré de température convenable.

Digitized by Google

Ce serait la preuve de la plus grande mal-adresse que de traiter tous les aciers de la même manière.

1337. L'acier n'étant qu'un fer qui n'est pas tout à fait décarburé, peut donc être produit par des procédés semblables à ceux qu'on suit pour la préparation du fer ductile. Il est d'ailleurs très-difficile d'enlever toujours à la fonte les dernières parties de carbone : tout se réduit par conséquent à quelques pratiques manuelles, jointes à la manière de donner le vent, si, en faisant usage des mêmes matières, on veut avoir pour résultat du fer ou de l'acier.

On peut obtenir l'acier de fusion comme le fer forgé, de deux manières différentes : par l'affinage immédiat des minérais, et par celui de la fonte. La dernière des deux méthodes se pratique dans les feux d'affinerie ordinaires : on n'est pas encore parvenu à employer pour cet objet les fours à réverbère. Il paraîtrait cependant, au premier coup-d'œil, que ces foyers conviendraient parfaitement à la préparation de ce métal, parce qu'on y suit constamment les progrès de l'affinage et qu'on peut le terminer au point voulu ; mais la masse se décarbure inégalement et l'on n'est pas maître d'arrêter la combustion du carbone dans une partie du fer, jusqu'à ce que le reste soit arrivé au même degré d'affinage. Voilà où gît probablement toute la difficulté : il est présumable qu'à force de soins et d'attentions, on parviendra un jour à la surmonter.

DE LA PRÉPARATION DE L'ACIER NATUREL PAR L'AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINÉRAIS.

1338. On peut obtenir l'acier comme le fer, par le traitement des minérais dans des stuckofen ou des bas fourneaux. L'usage des premiers a été abandonné. Comme ils laissaient toujours l'ouvrier dans une ignorance com-

Digitized by Google

plète sur la nature des produits, ce n'était qu'en examinant *les stucks*, qu'il pouvait savoir s'ils se composaient d'acier ou de fer : le hasard présidait donc à ce genre de travail. On exposait les lopins à la chaleur de la fusion dans un feu d'affinerie, et lorsqu'une partie du fer était fondue, on étirait le reste maintenu entre les branches de la tenaille, en une barre d'acier brut; la partie tombée dans le creuset formait une loupe qui présentait tantôt le caractère de l'acier, et tantôt celui du fer ductile : lorsqu'elle constituait un produit intermédiaire, un fer aciéreux, on achevait l'affinage, on la soulevait un peu, pour la convertir en fer doux. Cette méthode imparfaite, appliquée même aux meilleurs minérais, laissait l'ouvrier jusqu'à la fin de l'opération dans une ignorance complète sur la nature de l'acier et sur la quantité de ce métal qu'il obtenait par chaque fusion.

C'est aussi très-rarement à dessein que dans les feux dits *à la Catalane* on prépare l'acier : il est le plus souvent un résultat accidentel du travail. Nous avons décrit au paragraphe 1256, les procédés qu'on suit pour le produire : tous les moyens qui, pendant l'affinage, peuvent diminuer la combustion du carbone, facilitent la conversion du fer cru en acier. Si c'est le but du travail, on ne doit donc ajouter la greillade qu'avec ménagement et protéger le fer contre l'action du courant d'air, en le tenant toujours couvert de charbons embrasés.

L'acier qu'on obtient accidentellement dans ces foyers et que les ouvriers, qui le reconnaissent à sa couleur rouge, retirent du feu par lopins, est souvent très-ferreux et ne peut servir que pour la confection des instrumens aratoires ou d'autres objets grossiers. L'acier *osemund* obtenu dans les moyens fourneaux suédois est aussi un mélange très-variable de fer, d'acier dur et d'acier mou.

Digitized by Google

DE LA PRÉPARATION DE L'ACIER PAR L'AFFINAGE DE LA FONTE.

1339. La fonte ne s'affine jamais d'une manière très-uniforme; il arrive souvent que certaines parties sont décarburées d'abord, tandis que le reste conserve encore sa crudité. En suivant un procédé déjà cité (1181), on a même pour but d'affiner la masse fondue par morceaux séparés; mais les parties de métal dont l'affinage est le plus avancé, au lieu d'être du fer pur, ne constituent presque toujours qu'un mauvais acier. Les affineurs retirent souvent des lopins semblables du feu pour acérer leurs outils, cet acier doit sa naissance aux fautes commises pendant le travail. On ne peut éviter à la vérité que le fer ne se décarbure partiellement; mais l'ouvrier, s'il est adroit, y remédie en quelque façon; il favorise l'affinage sur un point et le retarde ailleurs. L'acier des lopins, quoiqu'il se distingue dans le feu par une couleur un peu rouge, porte du reste les signes d'un fer affiné.

1340. Il faut donc regarder *l'acier de lopin* comme un produit accidentel, dû en partie à l'inattention de l'ouvrier. Mais si l'on traite une fonte très-carburée qui au feu d'affinerie doit devenir entièrement liquide, telle que la fonte blanche lamelleuse ou la fonte grise obtenue par un mélange de minérais et de fondans facile à fondre, et si l'on a pour but d'obtenir de l'acier, *on doit affiner le métal avec lenteur et le travailler toujours sous le vent:* pour obtenir au contraire du fer ductile, *on le maintient toujours au-dessus ou au milieu du courant d'air*. Telle est la différence essentielle qui existe entre le traitement qu'on fait éprouver à la fonte très-carburée pour la convertir en acier, et celui qu'elle subit pour donner du fer ductile. La masse travaillée long-temps au-dessous de la

Digitized by Google

tuyère, doit perdre son carbone très-lentement, afin que l'affineur puisse arrêter l'opération dès qu'il s'aperçoit que l'acier a reçu le degré d'affinage voulu; c'est de sa part une affaire d'habitude et d'expérience. Cette pratique appliquée à l'affinage, pour fer, serait trop longue et ne conduirait pas au but proposé; car, pour perdre tout son carbone, le métal demi-liquide doit être frappé par le courant d'air, ou bien la masse, affinée presqu'entièrement, doit être refondue une seconde fois devant la tuyère.

On suit un procédé tout différent quand on travaille sur une fonte appauvrie en carbone: ce genre de fer cru ne peut plus acquérir une entière liquidité. On le fait passer à l'état d'acier, en grillant la masse demi-fondue au-dessus du jet d'air, et lorsque les écailles tombent dans le creuset l'affinage doit en être terminé. D'après cela, il n'existe aucune différence entre ce procédé et la méthode styrienne à une seule fusion, par laquelle on obtient du fer ductile: les propriétés ou, pour mieux dire, la nature des produits, dépend uniquement de la quantité de carbone contenu dans la fonte, et de la force du vent employé pour opérer la fusion. Pour la fabrication du fer on emploie les floss caverneux ou les blettes grillées, c'est-à-dire les fontes les plus pauvres en carbone: pour la fabrication de l'acier on emploie des fontes moins décarburées et un vent plus fort. Du reste, la même espèce de fer cru, traitée par un vent faible donne du fer pour produit, et affinée par un vent fort elle se convertit en acier *.

* Si l'on se reporte à la page 167, on conçoit facilement qu'un vent fort doit être employé quand on veut conserver à la fonte une partie de son carbone et la convertir en acier. Par l'emploi d'un vent faible, la fusion devient tellement lente, que tout le carbone a le temps de se porter du centre vers la surface où il est brûlé; de manière que la décarburation est achevée, lorsque le métal tombe dans le creuset; quand au contraire le vent est rapide, la fonte entre en fusion avant qu'elle ne soit entièrement décarburée, et, dans ce cas, elle peut donner de l'acier si les autres circonstances sont favorables. Le T.

Digitized by Google

1341. On ne soulève jamais la masse dans l'affinage pour acier, quelle que soit la fonte employée. Si elle est très-carburée, on favorise la coagulation et l'épuration du métal par la construction du feu : si au contraire elle était blanche et pauvre en carbone, il faudrait seulement que la fusion s'exécutât avec la rapidité convenable et que le métal restât le temps voulu au-dessus du courant d'air, de manière qu'en arrivant au creuset il fût changé en acier. On doit pour cette raison donner à ce dernier peu de profondeur et rendre la tuyère d'autant plus plongeante que la fonte est plus disposée à devenir liquide, parce que le plongement du courant d'air retarde la décarburation pendant la fusion et la favorise pendant le travail.

On doit en outre employer à certaines périodes du travail un vent rapide, quand on opère sur des fontes très-carburées, pour ne pas les affiner pendant la fusion et pour leur conserver la faculté de redevenir entièrement liquides, lorsque l'opération est déjà très-avancée; afin que le carbone puisse se répartir dans toute la masse d'une manière uniforme. Si le métal était demi-affiné, en tombant dans le creuset, l'acier ne deviendrait pas homogène, puisque la distribution du carbone ne pourrait plus avoir lieu aussi facilement: on ne peut d'ailleurs supposer que toutes les parties se trouvent décarburées au même point après la fusion.

Si au contraire la fonte est disposée à devenir pâteuse et à perdre facilement son carbone, on doit la fondre avec rapidité et l'affiner sans aucune addition de scories, quand on veut la convertir en acier. Dans ce cas le jet d'air doit être parfaitement horizontal, afin qu'il ne puisse agir sur le métal tombé dans le creuset. Il faudrait traiter de cette manière la fonte blanche caverneuse, qui cependant se changerait souvent en fer ductile par une simple fusion. C'est pour cette raison que cette espèce de fer cru

Digitized by Google

n'est point employée pour la fabrication de l'acier. On préfère les fontes un peu plus carburées sans qu'elles le soient autant que *les floss à fleurs* qui forment la transition entre les floss tendres et la fonte blanche lamelleuse.

Quand on convertit en acier la fonte blanche lamelleuse et la fonte grise, on s'efforce d'abord d'épaissir la masse liquide, c'est-à-dire de la mettre dans un état tel que par un abaissement de température, elle ne puisse pas expulser du graphite: congelée partiellement dans le creuset elle se trouve ensuite changée en fonte blanche. Ce changement ne pourrait être effectué par l'action du courant d'air, parce qu'il en résulterait une oxidation presque générale. Il faut donc faire usage de battitures, de scories douces, de fer ductile ou d'acier même qu'on ajoute à la masse liquide. Le dernier de ces moyens, les additions de fer ou d'acier qu'on emploie dans quelques usines, nuisent à l'homogénéité du produit. Il faut donc recourir aux scories douces dont l'emploi exige de la part des ouvriers un travail très-pénible; parce qu'ils doivent brasser la matière continuellement, pour la mettre en effervescense. — La tuyère doit être très-plongeante. Si la fonte était blanche lamelleuse, le travail serait moins pénible que celui qui serait nécessaire pour traiter la fonte grise. Les difficultés que présentent ces sortes d'opérations sont inconnues aux affineurs pour acier qui traitent des fontes blanches décarburées et loupantes.

Ce que nous venons de dire explique d'une manière satisfaisante, et les procédés suivis dans l'affinage de la fonte pour acier, et les phénomènes qui les accompagnent.

On ne peut trop recommander de ne jamais traiter pour acier la fonte grise, sans l'avoir blanchie préalablement par une seconde fusion; on ne diminuera pas le déchet et il est même probable qu'on ne gagnera guères ni en temps ni en combustible; mais on obtiendra de

Digitized by Google

meilleurs produits. La fonte blanche lamelleuse ne présente sur la fonte grise d'autre avantage que celui d'être plus pure.

1342. On affine pour acier des fontes grises, en Westphalie et dans la province de Silésie. Les feux y sont montés de la manière suivante:

Largeur du creuset ou distance de la varme au contrevent 63 centimètres.

Longueur ou distance du laiterol à la rustine 78 centim.

Profondeur depuis le fond jusqu'à la tuyère 13 à 16 centimètres.

La varme penche de 8 à 12 degrés dans le feu; la tuyère dépasse cette plaque de 10 centimètres.

La distance de la tuyère à la rustine est de 26 centim.

Le fond est formé ordinairement de quatre morceaux de grès de 5 à 6 centimètres d'épaisseur, qui, se réunissant au centre, sont assemblés de manière que ce point se trouve de 11 millim. plus bas que le pourtour du creuset.

La haire et la varme ont une même hauteur; mais le contrevent et le laiterol sont de 20 à 26 centimètres plus élevés que les deux premières, suivant la nature du combustible; car, plus le charbon est mauvais, plus on doit augmenter la hauteur de ces taques.

Le contrevent penche de 2 à 3 degrés en dehors pour la facilité de la manœuvre; il est surmonté par une autre plaque qu'on fait pencher de 7 à 10 centimètres dans le feu, pour concentrer la chaleur et pour empêcher le tassement des charbons qui se trouvent de ce côté du creuset.

La tuyère dont l'ouverture a 32 millim. de largeur sur 13 millim. de hauteur, plonge de 5 à 10 degrés.

On garnit le pourtour du feu avec du fraisil et de la charbonaille.

En coulant les gueuses, on y fait des coches ou crans,

Digitized by Google

pour qu'il soit plus facile d'en déterminer la rupture et d'en détacher des morceaux de 12 à 25 kilog.

Le grès qui sert de sole doit avoir un grain assez fin, et doit résister à la chaleur sans se fendre. S'il est de bonne qualité, on peut faire 8 à 10 loupes dans le creuset avant de changer le fond; mais on est déjà content lorsqu'il supporte 4 ou 5 affinages successifs; quelquefois il se brise au premier. On ne pourrait remplacer cette pierre par une plaque de fonte, parce que le métal s'y attacherait et que d'ailleurs elle serait usée très-vîte par le frottement continuel des ringards: c'est aussi pour cette raison qu'on ne pourrait la couvrir d'une couche de brasque.

En commençant le travail, on fait fondre avec le premier morceau de plaque, une petite quantité de battitures ou de laitiers riches pour tapisser le fond; les autres fragmens de fonte, mis d'abord sur l'aire du foyer et chauffés préalablement, se placent un à un dans le feu, près du contrevent, dans une direction verticale. On jette sur la haire les lopins obtenus précédemment; ils s'échauffent, compriment le fraisil et empêchent que le vent ne le disperse. Portés ensuite successivement dans le feu et placés au-dessus de la tuyère, ils reçoivent la chaude nécessaire pour être forgés en barres.

Le premier morceau de fonte s'affaisse peu à peu en se liquéfiant, car le vent ne peut agir que sur son extrémité inférieure; s'il tardait à se fondre, on l'approcherait un peu de la tuyère en l'inclinant. On doit fortement activer les soufflets, produire un vent rapide et donner au métal une parfaite liquidité. Arrivé à ce but, on doit ralentir le courant d'air, jeter un peu de battitures dans le feu, et brasser la masse avec un ringard jusqu'à ce qu'elle devienne pâteuse.

Ensuite on place dans le feu et près du contrevent un deuxième fragment de floss chauffé déjà au rouge; on lui

Digitized by Google

donne une position verticale comme au premier, et l'on augmente encore une fois la vitesse du vent. Le second morceau, qui pèse ordinairement 15 kilog. (le poids du premier est seulement de 12 kilog.), entraîne dans sa fusion la masse entière qui, de pâteuse qu'elle était, redevient liquide. Si l'on pensait qu'elle fût trop liquide, on y ajouterait une petite dose de laitier riche, ce qu'on doit pourtant éviter le plus qu'il est possible. On ralentit encore le vent dès que la fonte est liquéfiée, et on la brasse jusqu'à ce qu'elle se change en une pâte épaisse. Mais il faut craindre qu'elle ne devienne trop dure en s'affinant et qu'elle ne s'attache au fond du creuset.

Le troisième fragment de plaque, chauffé aussi au rouge et pesant 20 à 25 kilog., doit être traité comme les précédens. Toute la masse reprend de la liquidité; on y jette un peu de battitures en la brassant avec force, et l'on ralentit très-peu l'action des machines soufflantes. Si l'on s'aperçoit alors que le fer s'attache au fond, qu'il devienne malléable et qu'il produise des scories douces, on donne un coup de vent extrêmement rapide, on brasse la matière avec beaucoup d'activité et sans interruption, afin de faire naître une vive effervescence. Après qu'on a continué le brassage quelque temps, la matière s'affaisse et le métal se rassemble en forme de gâteau : on ne cesse de le travailler jusqu'à ce qu'il soit impossible d'y enfoncer le ringard.

On approche alors le *quatrième* morceau de fonte, qui pèse une quinzaine de kilog. et qu'on place dans le feu vers le centre du gâteau; de manière que ce dernier, attaqué par le fer cru au milieu seulement, se trouve percé jusqu'au fond, tandis que ses bords restent intacts : le vent très-rapide pendant la fusion doit être modéré ensuite. Le brassage commence, et il se continue jusqu'à ce que le bouillonnement qui a reparu, ait cessé et que la masse se trouve affaissée.

Digitized by Google

On procède de la même manière pour le cinquième morceau de fonte. Souvent même on en fait liquéfier un sixième. On doit, pendant le dernier brassage, donner toujours le vent le plus fort; toutefois on ralentit la vitesse du courant d'air, si l'on s'aperçoit qu'il forme un trou au centre de la loupe.

Pour empêcher que la loupe d'acier ne se couvre d'une couche ferreuse, on doit arrêter le vent à une époque convenable. On reconnaît ce moment, soit par la dureté qu'acquiert la masse, soit par le fer qui s'attache au ringard et dont la couleur est blanche éclatante.

Dès que les soufflets cessent d'agir, on retire le charbon et l'on enlève avec un rable le fraisil qui couvre le gâteau qu'on laisse refroidir un peu, afin qu'il ne s'en détache point de fragmens. On enfonce ensuite un ringard à coups de masse dans le creuset à travers le trou du chio, et c'est au moyen de cette barre, qu'on parvient à soulever la loupe attachée fortement à toutes les plaques du pourtour. On la coupe en 6, 7 ou 8 lopins qui ont la forme d'un coin et dont les tranchans se réunissent au centre, parce que l'acier est toujours un peu plus dur vers les extrémités.

Les lopins obtenus précédemment s'étirent pendant la fusion; convertis en barres de 32 millim. d'équarrissage, ils sont délivrés aux raffineurs. Mais, comme ces barres doivent être réduites à une faible épaisseur, on ferait mieux de forger les lopins en lames plates: il en résulterait une économie, et l'acier n'en serait que meilleur.

La consommation de charbon est très-grande: elle s'élève quelquefois à 24 mètres cubes par 1000 kilog. d'acier. Le déchet varie selon la qualité du fer cru et selon l'adresse des ouvriers. Souvent on est satisfait lorsque trois parties de fonte en donnent deux d'acier. Si le régule est meilleur, 7 parties en donneront 5; et quelquefois, lorsqu'il est d'une excellente qualité, 4 parties de fer cru peuvent en donner 3 d'acier.

Digitized by Google

On obtient, dans un feu, par semaine, 1250 kilog. d'acier brut.

Chaque foyer n'est desservi que par un maître ouvrier, un marteleur et un aide, attendu que le travail ne peut se continuer sans interruption.

1343. Dans quelques usines du comté de la Marche, on ajoute de la ferraille à la masse fondue, après la fusion du quatrième morceau de fer cru, et avant qu'on n'ait commencé le brassage qui doit toujours succéder à la liquéfaction de chaque fragment de fonte. On en fait de même pendant la fusion du cinquième et du sixième morceau; c'est un moyen d'abréger l'opération. Le total du poids de la ferraille employée, est ordinairement égal à la moitié du poids de la fonte. Un pareil procédé exige de la part des ouvriers la plus grande précaution pour rendre l'acier homogène.

1344. Le mode d'affinage que nous venons de rapporter est suivi, à quelques modifications près, dans tout le nord de l'Allemagne ainsi que dans une grande partie de la Suède, où l'on traite pour acier la fonte grise.

Dans les provinces occidentales de l'Allemagne, surtout dans la principauté de Siegen, dans quelques usines de la Suède et en France, on suit des procédés qui s'écartent en quelques points de ceux que nous venons de relater, lorsqu'on affine des fontes blanches lamelleuses. Voici quelle est, en général, la méthode employée pour le traitement de cette espèce de fer cru.

Les creusets composés de quatre taques ont toujours un fond en grès. La tuyère, qui est tantôt en cuivre et tantôt en fer forgé, reçoit un plongement considérable, à moins qu'on n'incline fortement dans le foyer la varme qui, dans ce cas, fait un angle de 20 à 25 degrés avec la verticale.

Digitized by Google

Le museau de la tuyère avance dans ce cas de 10 centimètres dans le feu, son éloignement du fond est de 13 à 16 centimètres. Si la fonte était plus disposée à louper, si elle se rapprochait des floss à fleur, on rendrait le jet d'air moins plongeant qu'il ne le serait, si on affinait une fonte plus carburée. La haire et le contre-vent s'inclinent ordinairement en dehors du foyer, afin qu'on puisse faire sortir la loupe avec plus de facilité.

Avant de commencer le travail, on est obligé de chauffer le creuset, s'il a été construit à neuf.

On emploie pour une loupe 150 à 175 kilog. de fer cru, qu'on liquéfie en six ou sept reprises différentes. Le premier morceau qu'on fait fondre, pèse à peu près 15 kil.; on le place près du contrevent, on l'expose directement au courant d'air, et l'on jette tout de suite dans le feu une certaine quantité de laitier riche. Les soufflets agissent d'abord avec lenteur; mais on renforce le vent, lorsque la matière est entièrement fondue, afin de la rendre très-liquide et de la mettre en effervescence. Si les scories sont trop épaisses, on leur ajoute du quartz, de l'argile ou du sable : toute la masse soumise à un brassage continuel doit d'abord être dans un état de liquidité parfaite. On ralentit ensuite la vitesse du courant d'air; afin que le métal puisse s'affaisser et s'épaissir. Si ce changement n'arrive pas assez vite, on fait écouler les scories crues qui couvrent le bain, et on les remplace par des scories douces. On évite le plus qu'il est possible de jeter dans le creuset de l'acier ou du fer ductile pour épaissir la matière; ce moyen ne s'emploie qu'à la dernière extrémité. Si, dans le cas opposé, le métal se figeait trop promptement avant d'être parvenu au degré d'affinage voulu, on ferait fondre le morceau suivant par un vent très-fort, pour remettre toute la masse en liquéfaction; mais on ferait écouler d'abord les scories crues, et on les remplacerait par du laitier riche. Ce cas se présente

rarement; il arrive plus souvent que la matière reste trop liquide, et qu'il faut répéter plusieurs fois les additions de scories douces pour l'amener au degré de consistance voulu.

Dès que la fonte commence à s'épaissir, à résister au ringard, on place dans le foyer le deuxième morceau de fer cru. Si l'on y procède trop tôt, le métal devient trop liquide et demande ensuite trop de temps pour reprendre l'état pâteux. Si au contraire on porte trop tard le deuxième morceau dans le foyer, la masse s'épaissit trop vite, l'acier devient d'une mauvaise qualité et le fond se trouve fortement attaqué.

Le second morceau de saumon ainsi que le troisième et le quatrième, pèsent de 35 à 40 kilog. Lorsque l'opération suit une bonne marche, on fait toujours écouler les scories immédiatement avant de placer un autre morceau de fonte dans le feu, afin que la fusion devienne plus rapide.

Après que le deuxième morceau est fondu, la masse doit être tellement liquide qu'on ne puisse la sentir avec le ringard: si quelques morceaux solides se trouvaient dans le creuset, on les ramènerait devant la tuyère. Pour épaissir ensuite le bain de métal, on ralentit le vent et l'on agit en général de la même manière que pour l'affinage du premier morceau de saumon; mais on parvient plus tôt à son but.

La fusion du troisième morceau de fonte et celle du quatrième s'exécutent de la même manière que les fusions précédentes. Il est essentiel que la matière devienne chaque fois parfaitement liquide, afin que l'acier soit homogène. Après que le quatrième morceau a été fondu et que le bain s'est épaissi, la décarburation doit être tellement avancée que le métal adhère fortement au ringard; c'est le signe principal auquel on reconnaît le degré d'affinage. Immédiatement avant que la masse soit arrivée à ce point,

Digitized by Google

l'ouvrier fait écouler toutes les scories et produit l'effervescence par l'action du courant d'air qui doit être très-rapide. Par ce moyen il empêche que l'acier, mis alors en contact immédiat avec les charbons embrasés, ne se couvre d'une couche de fer ductile, qui se refondrait difficilement par les opérations subséquentes.

Les poids des cinquièmes, sixièmes et septièmes morceaux vont en diminuant. En fondant ils ne font que ramollir le milieu de la loupe; les soufflets doivent redoubler de vitesse, et l'on fait écouler fréquemment le laitier. Le bouillonnement devient si fort, que la masse s'élève au-dessus de la tuyère; cette effervescence est le résultat de l'action qu'exerce sur le carbone contenu dans la fonte l'oxidule formé par le courant d'air. C'est pour cette raison que la loupe est toujours plus molle ou plus ferreuse vers le centre, et qu'on obtient deux espèces d'acier dont l'une, provenant de la circonférence de la masse, est toujours meilleure que celle qu'on étire des parties qui s'approchent du milieu.

Ainsi la fonte blanche lamelleuse se traite à peu près de la même manière que la fonte grise, lorsqu'on veut en obtenir de l'acier. Mais la première se liquéfie à un moindre degré de chaleur et s'épaissit plus facilement, ce qui la rend plus propre pour ce genre de travail, et le produit n'en devient que plus homogène. La fonte grise ne se change en acier que par une très-longue manipulation. On ne peut guères éviter alors qu'une partie du fer ne se trouve trop décarburée, tandis qu'une autre conserve encore les propriétés du régule.

Dans la principauté de Siegen, on est dans l'usage de tremper les barres lorsqu'elles sont encore chaudes, de les casser et de les assortir à l'instant : l'acier qui après la trempe est le plus aigre, s'appelle *Edelstahl*, c'est le meilleur; celui qui est moins cassant prend le nom de *Mittel-*

Digitized by Google

kœhr, c'est l'acier qui provient du milieu de la loupe. On fait dans un seul feu 2000 à 2500 kilog. d'acier, par semaine, qu'on étire pendant le travail de la loupe. Le déchet est de 25 à 27 pour cent. On brûle par 1000 kilog. d'acier obtenu, à peu près 10 mètres cubes de charbon provenant de bois dur.

L'acier produit par la fonte grise exige beaucoup de soins pendant le martelage, tandis que celui qui est donné par la fonte blanche lamelleuse, se forge très-facilement et présente rarement des pailles ou solutions de continuité. Ces défauts caractérisent l'acier obtenu de la fonte grise; on ne peut le corriger qu'en répétant les chaudes, un grand nombre de fois : c'est pour cette raison qu'un marteau ne pourrait servir pour deux feux. Si l'on affine au contraire de la fonte blanche lamelleuse, cette disposition ne présente aucun inconvénient. Les difficultés seraient encore plus grandes, si la fonte grise avait été obtenue avec des minérais réfractaires : on peut même affirmer que dans ce cas il serait tout à fait impossible de la traiter pour acier.

1345. Il résulte de ce qui précède, que la fonte blanche lamelleuse et surtout la fonte grise, ne peuvent se convertir en acier que par un procédé très-imparfait qui exige, de la part des ouvriers, beaucoup d'adresse et la plus grande habitude. Si dans quelques pays où l'on ne traite que de la fonte grise, on obtient pourtant de bon acier, on ne doit l'attribuer qu'à une longue habitude des affineurs dont les pratiques manuelles ont été transmises de père en fils, depuis un grand nombre d'années. La méthode considérée en elle-même n'en est pas moins vicieuse; puisqu'elle ne donne jamais les mêmes produits, et que d'une loupe à l'autre il se manifeste les plus grandes variations.

Il est bien difficile de changer les procédés admis dans un pays; on n'y réussit qu'après plusieurs années de peines

Digitized by Google

et de sacrifices. Nous ne pouvons espérer que la préparation de l'acier qui, depuis des siècles, se fait dans certaines provinces avec de la fonte grise, y puisse de long-temps encore s'effectuer avec de la fonte blanche loupante.

Les fers spatiques purs et manganésifères, qu'on peut charger en fortes doses dans les fourneaux à cuve, parce qu'ils donnent des laitiers très-liquides, sont les meilleurs minérais qu'on puisse employer pour la fabrication de l'acier: les fers bruns purs sont aussi très-bons. Si la fusibilité de ces minérais était due au fondant qu'on leur ajoute, on ne pourrait procéder par surcharges, en les traitant dans des fourneaux d'une certaine hauteur. Dans ce cas, il faudrait tâcher d'en obtenir de la fonte blanche lamelleuse, qu'on devrait refondre dans un foyer de mazerie avant de l'affiner pour acier.

1346. Dans toute la partie méridionale de l'Allemagne, on traite pour acier de la fonte blanche privée d'une partie de son carbone. En Styrie et dans le Tyrol, on affine les floss qu'on obtient, par une faible surcharge, en les fondant à une grande hauteur au-dessus du courant d'air.

En Carinthie, en Carniole et dans quelques usines du Tyrol, on met la fonte sous forme de blettes. Cette opération s'effectue, soit au haut fourneau, soit après une deuxième fusion exécutée dans le foyer d'affinerie. Les blettes obtenues portent le nom de *boden*; c'est par ce nom qu'on les distingue de celles qui servent à la préparation du fer ductile et qui sont soumises à un grillage préalable. Pour le travail de l'affinage proprement dit, on procède de la même manière qu'en Styrie, où l'on traite de la fonte pauvre en carbone et obtenue immédiatement du haut fourneau; mais les boden qui ont subi une seconde fusion donnent de meilleurs produits.

La méthode la plus simple est donc celle qui se pratique

Digitized by Google

en Styrie et dans une partie du Tyrol. L'acier obtenu, quoique moins homogène que celui qu'en Carinthie on retire des boden, reçoit pourtant une bonne qualité par un raffinage effectué avec beaucoup de soins.

1347. Le creuset, dans lequel on affine en Styrie et dans une partie du Tyrol la fonte obtenue par surcharges de minérais, se trouve garni de brasque fortement comprimée. Le fond, couvert aussi d'une couche de brasque, est en grès ou en fonte. La tuyère élevée de 21 centimètres au-dessus de la sole, reçoit une inclinaison très-faible: on donne même un vent parfaitement horizontal, lorsque la fonte est très-disposée à s'affiner. Les plaques de pourtour sont exhaussées en général de 30 à 34 centimètres au-dessus du niveau de la tuyère, afin qu'elles puissent retenir le charbon; d'autant plus que le fer cru se place à une assez grande hauteur au-dessus de ce tube.

La force du courant d'air dépend de la nature de la fonte employée. Si elle est très-carburée, on donne un vent faible et *vice-versâ*. On ajoute au métal des scories douces ou des battitures, en proportion d'autant plus grande qu'il est moins disposé à s'affiner.

Lorsque la fonte arrive du haut fourneau, on la classe. Celle qui est caverneuse se convertit toujours en fer. La fonte blanche lamelleuse, que du reste on ne produit point à dessein, ne s'emploie pas pour la fabrication de l'acier: on ne pourrait le faire qu'en y joignant de la fonte blanche caverneuse. La fonte qu'on cherche à se procurer pour la préparation de l'acier, est celle qui se produit par une faible surcharge (floss à fleur); elle donne indistinctement du fer ou de l'acier. C'est à l'ouvrier d'observer et de régler la marche du travail pour obtenir l'un ou l'autre produit. Lorsqu'il s'aperçoit qu'après la première fusion, le métal est disposé à se réunir en une loupe tenace et compacte il

Digitized by Google

en fait de l'acier, et il se garde alors de la soulever et de l'exposer au courant d'air. Un affineur exercé reconnaît à la cassure cette disposition de la fonte. Il sait d'avance si elle donnera une masse tenace, ou si, rebelle à l'affinage, elle ne pourra s'épurer qu'étant soumise directement à l'action du courant d'air, traitement qui est incompatible avec la préparation de l'acier. Si le jugement qu'il a porté sur les propriétés de la fonte, se trouve confirmé par la marche de l'opération, il soulève promptement la tuyère pour éloigner le vent de la masse fondue.

Lorsque, dans les forges de Styrie, la fonte a été examinée et choisie d'avance, les ouvriers parviennent toujours à l'affiner pour acier. Si elle se montrait trop loupante ou trop liquide, les affineurs donneraient un vent plus fort ou plus faible; par ce moyen ils ne manquent pas leur but.

Dans quelques usines du Tyrol, on a l'habitude de travailler pour acier la seconde loupe de chaque tournée. Pour cet effet, on choisit les blettes les plus minces, qui par conséquent sont les plus carburées, on les fond rapidement, en ajoutant à la matière liquide une moindre quantité de scories douces. Dans cette province ainsi que dans toute l'Allemagne méridionale, on ne travaille que douze heures par jour; on ne fait que trois fusions dont chacune dure à peu près quatre heures; on laisse ensuite refroidir le creuset jusqu'au lendemain. C'est à cette disposition qu'on doit attribuer la grande quantité de charbon qu'on brûle dans les feux d'affinerie.

Dans quelques usines on soumet les plaques à un léger grillage. Il paraît qu'on a seulement pour but de les empêcher de se fendre, lorsqu'elles éprouvent la chaleur du feu d'affinerie. Elles sont ordinairement retenues dans des tenailles; on les place dans le feu et on les rapproche de la tuyère à mesure que le foyer se trouve débarrassé

Digitized by Google

de l'acier qu'on étire sous le marteau, et qui provient de la fusion précédente. Après que la troisième ou dernière trousse est fondue, la loupe reste encore une demi-heure dans le creuset; elle se briserait sous le marteau, si on la faisait sortir plus tôt.

On traite en une seule fois 75 kilog. de fer cru, et comme on ne fait que trois opérations par jour, on n'obtient par semaine que 1200 kilog. d'acier. Le déchet est à peu près de 10 p. %; mais on brûle par 1000 kilog. d'acier obtenu 18 mètres cubes de charbon provenant de bois tendre: cette consommation se réduirait considérablement si le travail marchait sans interruption.

Les lopins qu'on obtient, en coupant la loupe sous le marteau, se chauffent dans le feu d'affinerie même et s'étirent ensuite en barres carrées de 4 centimètres d'épaisseur. Jetées dans l'eau et brisées ensuite, elles peuvent être examinées et classées suivant leur qualité. L'opération du classement est de la plus haute importance; il existe une grande différence entre les barres étirées d'une même loupe. On les divise ordinairement en trois classes: la première constitue un fer dur et aciéreux qu'on emploie particulièrement pour le bandage des roues; la deuxième offre un produit plus aciéreux que l'autre, et avec lequel on fabrique des faux, des faucilles, des haches, etc., on le verse dans le commerce à l'état brut; la troisième se compose d'un acier plus fin, qu'on soumet au raffinage.

Les barres qui ne se brisent pas après la trempe, appartiennent toutes à la première ou à la deuxième classe. On consulte ensuite leur cassure pour les ranger dans l'une ou dans l'autre; celles qui cèdent à un léger coup de marteau, font partie de la troisième, qu'on distingue des deux autres par la qualification de *Rauhstahl* (acier brut).

Avant de raffiner cet acier brut qui constitue la troisième classe, on le divise encore en plusieurs espèces d'après le

Digitized by Google

grain que présente sa cassure. La première qu'on nomme *zwickstahl* est la moins dure; la deuxième s'appelle *mittelzeug*, c'est un bon acier ordinaire; la troisième est qualifiée de *scharsachstahl*, c'est l'acier le plus fin, le plus dur et le plus tenace; la quatrième est le *meisselstahl*, qu'on ne fabrique que sur des commandes particulières; par exemple pour les poinçons des monnaies : il se vend sans qu'il soit raffiné et au même prix que la troisième espèce.

On voit d'après cela que la méthode styrienne par laquelle on traite des fontes blanches décarburées, constitue aussi un procédé imparfait. La bonne qualité des produits et la réputation dont ils jouissent dans le commerce, ne sont dues qu'aux minérais employés et aux soins extrêmes qu'on donne au classement des aciers obtenus. Le défaut d'homogénéité se corrige en partie par le raffinage; mais le procédé mérite en quelque façon les reproches que nous avons adressés aux méthodes par lesquelles on traite les fontes riches en carbone, bien que le travail soit un peu moins long et qu'il offre des résultats moins incertains que ceux qui sont donnés par ces dernières espèces de fer cru.

1348. Les méthodes d'affinage pour acier, par lesquelles on prépare la fonte blanche avant de la traiter au feu d'affinerie, portent en Allemagne un nom particulier*: elles se divisent en deux procédés distincts; par l'un, on ne fond dans le feu d'affinerie que les boden obtenus précédemment dans le même foyer par un mazéage séparé. Par l'autre, on liquéfie d'abord une certaine quantité de fer cru qui forme un fond sur lequel on opère l'affinage des boden : ces derniers ne sont dans ce cas que des morceaux du fond provenant d'un affinage antérieur. Le premier de ces procédés est pratiqué dans toute la Carniole et dans

* Brescianarbeit.

Digitized by Google

quelques usines de la Carinthie; nous l'appellerons méthode de Carniole : le deuxième se trouve en Tyrol, dans la majeure partie de la Carinthie et dans quelques aciéries de Styrie; nous le désignerons sous le nom de méthode tyrolienne.

1349. Par l'un et l'autre des deux procédés que nous venons d'indiquer on traite ordinairement une fonte obtenue par une légère surcharge de minérais (floss à fleurs). Quand on ne peut se procurer cette espèce de fer cru, on la remplace par la fonte blanche lamelleuse et la fonte caverneuse qu'on liquéfie ensemble pour les convertir en boden. Ces derniers ne sont point soumis au grillage.

En suivant la méthode de Carniole, on ne se sert jamais de boden ou blettes obtenus avec la fonte de première fusion telle qu'elle sort du haut fourneau. Le creuset se compose de quatre taques brasquées et d'un fond de brasque fortement damé. On le chauffe avant de commencer le travail. Après avoir fondu 250 à 300 kilog. de plaques, on retire le charbon, on arrose le métal et on le transforme en boden : ces derniers provenant d'une fonte plus ou moins décarburée sont beaucoup plus épais que les blettes de haut fourneau.

Pour affiner la fonte mazée obtenue de cette manière, on commence par remplir de charbons incandescens le creuset et l'on y place, près du contrevent, vis-à-vis de la tuyère 100 kilog. de boden. Si pendant la fusion le bain paraît devenir trop liquide, on l'épaissit avec des scories douces ou des battitures : dans le cas contraire on jetterait dans le foyer une certaine quantité de quartz; il se forme alors une couche de scories crues qui protège le métal contre l'action du courant d'air. Pendant la fusion on s'occupe à forger en barres l'acier obtenu par l'opération précédente. La loupe est divisée ordinairement sous le marteau

Digitized by Google

en deux pièces appelées *machelli*. Après que les *machelli* sont assez chauffés, on les coupe chacun en quatre lopins, de sorte que chaque loupe en donne huit, dont on fait seize bidons, qu'on étire ensuite aux dimensions voulues dans un feu de chaufferie particulier.

Ces barres ne sont jamais soumises au raffinage, mais on les divise en plusieurs classes. Celles qui sont colorées dans leur cassure portent le nom de *brécsian fin;* on les étire en barres plates ou carrées qui varient de 2 à 6 lignes. L'acier moins dur qui ne présente pas de rose à sa cassure, s'appelle *acier roman;* c'est l'espèce la plus commune. On ne travaille que douze heures par jour et l'on emploie quatre heures pour faire une loupe. Un feu d'affinerie fournit par semaine 1400 à 1500 kilog. d'acier en bidons. Le déchet compté de la fonte est de 26 à 28 pour cent. On consomme par 1000 kilog. d'acier obtenu, 36 mètres cubes de charbon, y compris le combustible brûlé dans le feu de chaufferie. On passe au maître chauffeur 2 à 4 pour cent de déchet. Il est hors de doute que cette grande consommation de charbon pourrait être diminuée considérablement si l'on travaillait jour et nuit.

1350. Par la méthode tyrolienne on obtient à peu près les mêmes produits que par la méthode de Carniole. Les creusets sont construits de la même manière; mais la loupe s'affine sur un fond de matière obtenue par la liquéfaction d'une certaine quantité de floss.

On commence par mettre en fusion 250 à 300 kilog. de fonte en plaques : ce n'est qu'après que le creuset est rempli en partie de scories et de métal fondu, qu'on y porte les machelli de la loupe précédente, afin que le chauffage soit plus gras, et que l'acier ne se trouve pas décarburé par l'action du courant d'air.

Pendant cette fusion on évite que les matières ne devien-

Digitized by Google

nent trop épaisses; on y remédierait, s'il était nécessaire, par des additions de quartz. Dès qu'elle est terminée, on débarrasse le creuset et l'on y jette des battitures de petite ou de grosse forge; on brasse ensuite le bain avec une perche de bois de bouleau, jusqu'à ce qu'il commence à s'épaissir et à se couvrir d'une croûte solide. C'est cette croûte qui forme le véritable fond sur lequel on opère pendant le chauffage des machelli et pendant l'affinage des trois loupes, qu'on fait dans un jour.

Après que le travail de la journée est terminé, on arrache du foyer le métal brassé et demi-affiné, dont les fragmens constituent les boden avec lesquels on fait les trois loupes de la journée suivante. Ces fragmens s'appellent boden doux : cette qualification les distingue des blettes de haut fourneau, qui portent le nom de boden crus ou aigres.

On emploie pour chaque loupe $\frac{2}{3}$ à $\frac{3}{4}$ de boden doux, et $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ de boden aigre, selon la quantité de carbone dont ils sont chargés. Placés dans le creuset près du contrevent, ils sont soumis à une lente fusion, pendant laquelle on chauffe les machelli de la loupe obtenue précédemment. Le poids total de ces boden servant pour une loupe est de 75 à 90 kilog. Si le bain devient trop liquide, on y jete des battitures, et dans le cas contraire, du quartz. Dès que la fusion est terminée, on fait sortir la loupe; on la divise en deux parties qu'on reporte tout de suite dans le feu: quelques instans après, on y met les boden avec lesquels on fait la deuxième loupe, et ainsi de suite. Ce n'est qu'après que la troisième a été enlevée du foyer, qu'on en retire le métal qui a servi de fond, et dont les fragmens forment les boden avec lesquels on forme les trois loupes de la prochaine tournée.

Le travail de la première loupe exige au moins six à sept heures, parce qu'on est obligé de faire d'abord mazer

Digitized by Google

le fer cru, qui doit former le fond du foyer; les deux autres loupes peuvent chacune s'achever en quatre heures, de sorte que la journée du travail est de quatorze à quinze heures. Pour éviter que la croûte de fonte mazée ne soit attaquée, ou pour empêcher que la loupe n'y pénètre, on doit traiter les boden de manière que la matière soit plutôt épaisse que liquide: un excès de liquidité ralentirait d'ailleurs le travail. Si l'opération prenait une semblable marche, ce qui est fort rare, on y remédierait par des additions de battitures, et quelquefois aussi par une certaine quantité de rebut d'acier qu'on jetterait dans le creuset. Quand au contraire les scories ne se séparent point du métal, et que la loupe refuse de s'affaisser, on lui ajoute une petite quantité de quartz, mais on y procède avec beaucoup de précaution; ce quartz doit d'abord être grillé, afin qu'il n'éclate pas dans le feu. On attend ordinairement un quart d'heure après la fusion des boden avant de faire sortir la loupe; retirée trop tôt du foyer, elle se briserait sous le marteau.

Les bidons obtenus sont chauffés dans un feu d'affinerie particulier, pour être soumis au martelage; mais on se dispense de les raffiner. Les barres sont jetées rouge de feu dans l'eau et brisées après la trempe. Celles qui présentent des roses sur la cassure, constituent la meilleure espèce d'acier. Les barres dont le grain est assez beau, quoiqu'on n'y remarque point de roses, sont rangées dans la deuxième espèce; la troisième ou dernière résulte d'un triage qu'on fait avec les barres de la deuxième. Celles dont la cassure est ferreuse sont rebutées et refondues de nouveau dans les opérations subséquentes: ces rebuts portent ordinairement le nom de *réfudi;* on en fait usage, soit pendant le mazéage, soit pendant l'affinage de la fonte, lorsque le bain est trop liquide.

La première espèce d'acier s'appelle brescian fin; la

Digitized by Google

deuxième, brescian moyen; et la troisième, acier roman: on les vend par numéro qui indiquent les dimensions des barres. On obtient par semaine 1200 à 1500 kilog. d'acier. Le déchet est à peu près de 25 à 28 pour cent, non compris une perte de 2 à 4 pour cent, occasionnée par l'étirage des bidons en barres. La consommation de charbon s'estime à 36 mètres cubes par 1000 kilogrammes d'acier prêt à être versé dans le commerce.

1351. MM. Baillet et Rambourg ont donné une description complète de l'affinage de la fonte pour acier, pratiqué dans le département de l'Isère: le procédé qu'on y suivait alors paraît défectueux; on maintenait la fonte à l'état liquide dans le creuset, en y jetant une certaine quantité de quartz ou de silex pur. Le métal restait toujours couvert d'une couche de scories. La combustion du carbone était alors si lente, qu'on employait presque trente heures pour achever une loupe. Dans le département de la Nièvre, on a abrégé ce travail par la conversion de la fonte en blettes ou *rosettes*.

1352. En Russie, on a l'habitude d'employer les rognures ou débris de fer pour la préparation de l'acier. Ces débris, qui proviennent des manufactures d'armes, des tôleries ou d'autres établissemens de ce genre, sont liquéfiés d'abord dans un foyer particulier; ils donnent alors un métal qui se rapproche de la fonte plutôt que de l'acier. On refond ce métal avec lenteur, en y ajoutant encore de la ferraille dont la dose est déterminée par la nature de la masse liquide.

1353. Il existe un acier naturel, *l'acier sauvage,* qui est recherché pour la confection des filières; on ne le prépare que pour cet objet. Extrêmement dur, non sou-

Digitized by Google

dable et même dépourvu de malléabilité, il forme un produit intermédiaire entre l'acier et la fonte. On l'obtient en suivant les procédés ordinaires; mais, au lieu de continuer l'affinage jusqu'à ce que la loupe soit affaissée, on fait écouler le métal à travers le chio, aussitôt qu'il commence à bouillonner et à soulever les charbons. Quand on construit le feu expressément pour ce genre d'affinage, il faut donner à la pierre de fond une inclinaison vers le laiterol, et faire une percée très-basse, afin qu'il ne reste point de matières dans le creuset.

DU RAFFINAGE DE L'ACIER.

1354. La plupart des aciers bruts ne peuvent être considérés comme articles de commerce, qu'après avoir passé aux raffineries. Nous avons précédemment donné une idée de la nature et de l'objet de cette manipulation, qui s'applique à tous les aciers obtenus soit par l'affinage de la fonte soit par l'affinage immédiat des minérais, soit par la cémentation du fer en barres.

Le raffinage rend l'acier plus homogène, plus tenace et plus élastique, mais il le rend aussi moins dur, surtout lorsque cette opération se répète un grand nombre de fois; parce que le métal perd une certaine quantité de carbone qui se brûle par le contact inévitable de l'air atmosphérique. Si donc l'acier brut jouit déjà d'une certaine homogénéité, il n'a pas besoin d'être raffiné à plusieurs reprises, et il conserve d'autant mieux sa dureté naturelle.

On raffine l'acier une, deux, trois ou même un plus grand nombre de fois. Mais, comme les chaudes multipliées peuvent lui devenir très-nuisibles, on ferait bien, pour en diminuer le nombre, d'amincir les barres le plus qu'il est possible. Une trousse composée par exemple de 6 barres, donne successivement de l'acier à 6, à 12,

Digitized by Google

à 24, à 48, etc., lames. Mais, si les barres étaient plus minces, une trousse des mêmes dimensions pourrait en renfermer huit, de sorte que les quantités de lames contenues dans des aciers raffinés 1, 2, 3, 4, etc., fois, iraient en croissant d'après la série 8, 16, 32, 64, etc. Il suit de là, qu'en étirant l'acier en lames minces, on peut quelquefois épargner une chaude.

1355. Quand on veut raffiner l'acier, le premier travail consiste à forger les barres carrées en lames plates, ayant 63 centim. de longueur sur une largeur de 4 centim. Dès que le forgeage est achevé, on les plonge toutes rouges encore dans l'eau froide; on juge de leur qualité par leur cassure. On les rassemble ensuite en trousses, de manière que les lames dures soient entremêlées de lames plus molles. L'ouvrier qui exécute cette opération doit avoir une parfaite connaissance des aciers, pour distinguer avec certitude leurs différentes variétés par l'inspection de leur cassure. Les deux lames extérieures ont une longueur égale à celle de la trousse; les mises intérieures peuvent être composées des morceaux qu'on obtient en grande quantité; car il arrive souvent que les lames se brisent en plusieurs pièces par la trempe. Chaque trousse, tenue dans une tenaille, est chauffée d'abord au rouge; on la remplace ensuite par une autre, et l'on expose la première à une température plus élevée où elle doit recevoir le degré de chaleur du blanc soudant. On la saupoudre alors avec de l'argile en poudre fine, pour lui donner une enveloppe de laitier, afin de prévenir l'oxidation du fer et la combustion du carbone. Après avoir reçu une chaude suante, la trousse est forgée en une barre carrée de 4 centimètres d'épaisseur. Pour la raffiner une seconde fois, on lui donne un coup de tranche au milieu, on la plie, on soude les deux parties ensemble et l'on étire la barre. Le

Digitized by Google

troisième et le quatrième raffinages se pratiquent de la même manière.

1356. Les foyers de raffinerie sont des feux de forge pourvus de plusieurs tuyères disposées sur une ligne, afin que la trousse puisse recevoir une chaleur uniforme dans toute sa longueur. D'ordinaire on couvre ces foyers d'une voûte, pour empêcher les pertes de chaleur, ce qui leur donne l'apparence d'un four alongé. Le combustible employé est le charbon de bois ou la houille. Le premier développe moins de chaleur que la deuxième; les portions de barres chauffées avec celui-là, sont alors moins longues, ce qui fait augmenter le nombre des chaudes. Si la houille est collante, on peut se dispenser de couvrir le feu par une voûte. En tout cas, il faut avoir soin que les morceaux de houille qui n'ont pas encore cessé de brûler avec flamme, ne soient pas en contact immédiat avec l'acier.

1357. L'adresse des raffineurs consiste à forger l'acier en lames très-minces, à les assortir suivant l'usage auquel il est destiné, à ranger les lames de manière que les intervalles laissés entre elles soient les plus petits possible, à donner aux trousses des chaudes très-suantes, à souder les barres également dans toute leur longueur, à éviter toutes les solutions de continuité, et à gouverner le feu, en sorte que le combustible frais ne soit pas en contact immédiat avec l'acier rouge blanc. Un ouvrier adroit et zélé peut souvent remédier aux défauts des aciers et les améliorer considérablement; il en modifie la dureté par l'assortiment des lames, selon l'usage auquel l'acier est destiné; mais il ne peut en corriger l'aigreur, lorsqu'elle provient de la nature du fer cru.

On donne quelquefois à l'acier raffiné des dénomina-

Digitized by Google

tions particulières. Cependant dans la plupart des usines, on le désigne par le nom d'acier à 1, 2, 3 marques. On le paie à proportion du nombre des raffinages qu'il a subis.

Le déchet est très-grand : il s'élève pour chaque raffinage de 7 à 12 pour cent. On brûle $1^{m.cub},8$ à 2 mètres cubes de houille par 1000 kilog. d'acier raffiné.

DE L'ACIER DE CÉMENTATION.

1358. On connaît depuis si long-temps la propriété qu'a le fer de se durcir étant chauffé dans des vases clos, en contact avec des matières charbonneuses, qu'on ne peut assigner l'époque et le pays où la première fois on a fait usage de cette propriété, pour fabriquer l'acier de cémentation. Il est probable qu'on se borna d'abord à cémenter de petits objets pour en augmenter la dureté; c'est plus tard qu'on a songé à convertir par ce moyen le fer en acier. Lorsque Réaumur composa son excellent ouvrage sur la cémentation, cet art était presque parvenu au degré de perfection où nous le voyons aujourd'hui. Les améliorations dont il a été l'objet, depuis cette époque, ne se rapportent qu'à la manière de chauffer les fourneaux.

C'est à Réaumur qu'appartient le mérite d'avoir porté le premier son attention sur les caractères extérieurs des différentes espèces de fer forgé, d'acier ou de fer cru, et de s'en être servi pour juger de leurs autres propriétés. Il est indubitable que ses recherches ont été provoquées par les changemens qui s'opèrent dans les tissus des barres soumises à la cémentation. Les expériences que cet auteur célèbre a faites sur les diverses poudres de cémentation, sont importantes non-seulement pour la théorie, mais aussi sous le rapport des applications qu'elles ont fournies à la pratique.

Digitized by Google

1359. Depuis qu'on a répandu plus de lumières sur la combinaison du fer avec le carbone, il est facile d'expliquer tous les phénomènes que présente ce métal à la chaleur rouge et à celle de la fusion opérée avec ou sans addition de matières étrangères. On sait à présent que la moindre variation dans les proportions du carbone, produit les plus grands changemens dans la dureté, la texture, la couleur et la fusibilité du fer. Mais il est digne d'attention que le fer, à l'état solide et soumis à une haute température, puisse se combiner avec le charbon et qu'il se convertisse en acier, sans se changer en fonte, à moins de subir une entière liquéfaction. Si on le maintient en contact avec le charbon à une chaleur intense et soutenue, sans le fondre, on obtient un composé très-aigre qui perd sa ténacité de plus en plus, et qui, par une fusion complète, suivie d'un lent refroidissement, se change toujours *en fonte grise*.

1360. L'acier qu'on retire des fourneaux de cémentation et qui a été refroidi lentement, est aussi fragile que l'acier trempé. C'est par cette propriété que l'on reconnaît que la carburation en est complète. Le tissu crochu ou hamiforme qui distingue le fer, doit avoir disparu en entier; il est remplacé par une texture lamelleuse. Au commencement de l'opération, la couleur des lames est blanche; en sorte que la texture de la barre ressemble à celle du fer tendre, dont elle se distingue seulement par une plus grande régularité. Par les progrès de la cémentation, les lames deviennent plus petites et d'une couleur plus foncée; enfin il arrive un point, où à l'œil nu elles paraissent être des grains. C'est surtout par la couleur qu'on peut juger que le fer a été entièrement converti en acier. La conversion serait imparfaite si les grains de la cassure n'étaient pas gris; si au contraire ils passaient au gris noi-

Digitized by Google

râtre et s'ils étaient tellement petits qu'on ne pût les distinguer sans le secours d'une loupe, l'acier deviendrait sauvage et serait difficile à forger.

Toutes choses égales d'ailleurs, les lames deviennent d'autant plus grandes que la qualité du fer est meilleure. La fragilité de l'acier de cémentation est le résultat d'un effet purement mécanique; elle paraît due à la dilatation des particules du métal qui a été exposé à une chaleur intense. On ne pourrait l'attribuer à la dureté; parce que l'acier *poule* refroidi lentement n'est guère plus dur que le fer qui a servi à le préparer. Durci par la trempe, il ne présente jamais à la cassure le degré d'homogénéité qu'offre le même acier soumis préalablement à un martelage.

La raison de ces divers faits résulte des propriétés du fer soumis en présence du carbone à une température élevée. (Voyez la 1re section.) Pendant que le métal est exposé à une forte chaude ou qu'il est en fusion, le carbone ne peut s'en séparer, ni à l'état de polycarbure, ni à l'état de graphite; si donc le refroidissement est subit, il se formera dans le premier cas de l'acier dur, et dans le second de la fonte blanche; si au contraire le refroidissement s'effectue avec lenteur, on obtiendra ou de l'acier doux, ou de la fonte grise.

1361. On doit croire d'après cela, qu'il est facile de fabriquer au moyen de la cémentation, l'acier le plus dur, qui se rapproche de la fonte, ou l'acier le plus mou, qui ressemble au fer dur; qu'il suffit pour cet effet, de bien régler la température ainsi que la durée de l'opération. L'expérience le prouve effectivement; mais, malgré cet avantage, elle ne se prononce pas en faveur de l'acier de cémentation, inférieur aux autres, probablement à cause de la difficulté qu'éprouve le carbone à se mouvoir dans l'intérieur du fer. Les combinaisons intimes et parfaite-

Digitized by Google

ment homogènes n'ont lieu qu'entre les corps liquides; c'est donc par la fusion seule que le fer peut se changer, soit en acier homogène, soit en fonte, selon la quantité de carbone dont il s'est chargé. Il est impossible que par la cémentation, le fer en barre passe d'une manière uniforme à l'état d'acier : la combinaison ne s'effectue que par couches; les parties extérieures sont par conséquent aciérées déjà, lorsque le noyau est encore à l'état de fer ductile; celles-là se sont changées en acier dur quand celui-ci commence à devenir de l'acier mou; enfin les premières se rapprochent de la fonte quand l'autre devient de l'acier dur. La masse ne peut donc acquérir une homogénéité parfaite qu'au moyen de la fusion, mais il faut empêcher alors qu'elle ne se combine avec une nouvelle dose de carbone, si le fer se trouve déjà chargé d'une quantité suffisante au but proposé.

1362. On aurait un moyen facile de diminuer l'inégalité de la carburation: il consisterait à ne cémenter que du fer très-mince; mais on ne peut dépasser une certaine limite, parce que les lames trop minces pourraient entrer en fusion. On est forcé en outre, sous le rapport de l'économie, de travailler en grand; il arrive alors qu'une partie du fer est exposée à une chaleur plus élevée qu'une autre, parce qu'on en cémente à la fois une quantité considérable.

Le second moyen de rendre l'acier de cémentation plus homogène, c'est de le raffiner. Ce moyen, dont l'effet est plutôt mécanique que chimique, conduirait au but proposé, si l'opération était répétée un grand nombre de fois, et si, pendant les chaudes, on pouvait préserver le métal du contact de l'air, afin de ne pas en brûler le carbone *.

---

* Il a été établi précédemment, pour la théorie de l'affinage, que

Lorsque l'acier de cémentation est versé dans le commerce sans être raffiné, on l'étire du moins en barres carrées, de dimensions variables, en le chauffant pour cet effet dans un four à réverbère. Ce martelage équivaut à une espèce de raffinage, car si l'on admet que toutes les parties de la barre s'étendent et s'amincissent également, il s'ensuit que les couches fortement carburées se rapprochent davantage de celles qui le sont moins; l'acier devient donc plus fin et plus homogène, ce qui est confirmé par l'expérience. Or il est évident que cette opération produit d'autant moins d'effet que les barres soumises au martelage sont plus minces. Plusieurs métallurgistes conseillèrent pour cette raison de ne pas réduire les lames qu'on veut cémenter à une faible épaisseur, oubliant que le forgeage et le raffinage deviennent moins nécessaires, lorsque l'acier est plus homogène en sortant des fourneaux de cémentation *.

1363. Il est essentiel d'empêcher que, pendant la cémentation, le fer ne se trouve en contact avec l'air atmosphérique qui finirait par l'oxider entièrement. Pour le cémenter, on doit donc l'exposer, en contact avec le

---

le carbone tend continuellement à se mettre en équilibre dans l'intérieur du fer, et nous avons vu (note du paragraphe 1099, page 6) que cette tendance est favorisée par l'ébranlement que produisent les coups de marteau. Il s'ensuit que l'uniformité de répartition du carbone, effectuée par le raffinage, est due principalement à un effet chimique. Le T.

* C'est aussi pour resserrer les molécules et pour rendre le tissu de l'acier plus fin, qu'on doit le forger ou le comprimer sous le marteau; et il est clair que cette opération, qui change entièrement la texture du métal, dont elle augmente d'ailleurs la ténacité, ne pourrait produire tout son effet, si les barres étaient déjà très-minces, en sortant des caisses de cémentation. Voyez au reste la note précédente et celle du paragraphe 1099 sur l'utilité du martelage. Le T.

Digitized by Google

charbon, à une chaleur continue, le protéger contre l'action de l'oxigène et le maintenir toujours au-dessous du point de fusion.

On satisfait à ces conditions en plaçant les barres dans des vaisseaux clos ou dans des caisses hermétiquement fermées, dans lesquelles le fer stratifié avec le charbon, est soumis à une chaleur intense, qu'on prolonge jusqu'à ce que le carbone ait pénétré toute la masse du métal. Ces caisses sont liées aux fourneaux, car il serait trop difficile de les manœuvrer, de les enlever ou de les replacer, soit à cause de leur longueur qui dépasse souvent 3 mètres, soit parce qu'elles sont confectionnées en pierres ou terre, et qu'elles ne peuvent supporter les chocs ou les secousses.

1364. Les fourneaux de cémentation doivent être construits de manière que les caisses se trouvent chauffées uniformément. Il faut en outre que ces foyers ne soient ni trop hauts ni trop larges, pour qu'on ne perde pas trop de chaleur et qu'on puisse convenablement graduer la température avec des registres servant à augmenter ou à diminuer le tirage.

Les caisses doivent être enveloppées par la flamme de tous les côtés; elles ne peuvent donc reposer sur l'aire du fourneau ni se trouver adossées contre ses parois; on les place pour cette raison sur des supports. La voûte doit être très-surbaissée, afin que ces vases ne restent pas froids dans leur partie supérieure. En général il faut éviter que les dimensions du fourneau, ou, pour mieux dire, la distance entre les parois du mur et les caisses ne soit pas trop grande.

Les ouvertures qui sont pratiquées dans la voûte pour le dégagement de la flamme et sur lesquelles on place ordinairement des hausses, ainsi que la quantité d'air qu'on laisse entrer dans le fourneau, servent à régler le degré de chaleur.

Digitized by Google

On chauffe les fourneaux de cémentation avec la houille, le bois en nature ou le charbon de bois. Il ne faudrait pas employer ce dernier, puisqu'on doit maintenir la température au-dessous du point de fusion, et que le feu de flamme suffit au-delà pour communiquer au fer le degré de chaleur voulu et pour en opérer l'aciération. Aussi les fourneaux chauffés avec le charbon de bois sont devenus très-rares. Les anglais ont commencé à substituer la houille au charbon, ce qui a fait naître l'idée d'employer le bois. On ne peut douter que la bonne tourbe ne puisse servir au même usage.

1365. Les fourneaux de cémentation chauffés avec le charbon de bois, se composent d'une aire enfermée entre quatre murs verticaux terminés par une voûte. Les caisses placées dans l'intérieur de ces foyers, reposent sur des supports. Tout l'espace qui n'est pas occupé par ces vaisseaux est rempli de charbons incandescens. Des ouvertures pratiquée, au niveau de la sole dans les faces latérales, donnent entrée à l'air atmosphérique; d'autres issues pratiquées dans la voûte laissent échapper la flamme et la fumée : ces dernières sont pourvues de registres qui servent à régler le tirage et à graduer la chaleur. L'ouvrier juge par la couleur de la flamme, si le courant d'air est uniforme ou bien si l'un des évents doit être ouvert ou fermé davantage, et en général, s'il est nécessaire d'élever ou d'abaisser la température. La flamme présente d'abord une couleur rouge ou sombre, et s'éclaircit ensuite, de manière que, vers la fin de l'opération, tous les évents sont blancs. Si les barres contenues dans les caisses chauffaient inégalement, leur dureté varierait d'une extrémité à l'autre.

Le fourneau doit toujours être rempli de charbons incandescens; il les reçoit par des tuyaux adaptés à la nais-

Digitized by Google

sance de la voûte. Toutefois, si, dès le commencement, la chaleur a été trop vive, on laisse souvent descendre et brûler le combustible sans le remplacer tout de suite, afin d'abaisser la température. Il faut qu'en général les tuyaux soient pleins et que le charbon soit embrasé avant d'arriver dans le foyer, pour qu'il ne puisse occasionner de refroidissement. On le pousse toutes les deux ou trois heures dans le fourneau et l'on remplit ensuite les tuyaux.

On ne peut empêcher qu'il ne se consume en pure perte une grande quantité de charbon, dans la partie supérieure du foyer, lors même que toutes les dimensions du fourneau seraient très-bien données; c'est pour cette raison que ces fourneaux ont été abandonnés et qu'ils ne se rencontrent plus que dans les très-anciennes aciéries.

1366. Les fourneaux de cémentation activés avec la houille et ceux qui sont chauffés avec le bois, ont la même forme; ils ne diffèrent entr'eux que par l'étendue de la grille. Si le four est très-grand, on y introduit le combustible par deux côtés opposés, afin que la chaleur se répartisse avec plus d'uniformité.

Ces foyers ressemblent en quelque sorte à des fours de verrerie, mais ils sont rectangulaires. On ne pourrait adopter la forme ronde; il en résulterait des espaces vides trop considérables, parce que les caisses sont nécessairement longues et à faces planes. Le fourneau se compose donc d'une aire divisée en deux parties dans le sens de sa longueur, par une grille qui laisse à droite et à gauche deux espaces égaux destinés à recevoir les deux caisses. La largeur de la grille et son abaissement au-dessous de l'aire, dépendent et de la nature du combustible et de la largeur des caisses de cémentation.

Lorsqu'on chauffe avec du bois, la grille doit être plus large pour contenir une suffisante quantité de ce combus-

Digitized by Google

tible, ce qui agrandit la capacité du fourneau. Pour profiter dans ce cas, de toute la chaleur et pour la concentrer davantage, Rinman plaça une troisième caisse au-dessus des deux premières : cette disposition, assez avantageuse, si l'on chauffe avec du bois, ne pourrait guères convenir aux fourneaux à houille, parce qu'ils peuvent être très-étroits et que l'emploi d'une troisième caisse deviendrait alors nuisible, s'il devait en résulter un accroissement dans la largeur et dans la hauteur du fourneau. L'adoption d'une troisième caisse entraîne d'ailleurs à plusieurs difficultés, et s'oppose à la répartition uniforme de la chaleur.

Si l'on fait usage de trois caisses, la dernière doit reposer sur des arceaux pratiqués au-dessus de la grille. Il s'ensuit qu'elle se trouve toujours plus fortement chauffée que les deux autres. D'un autre côté, par l'emploi de deux caisses seulement, il y aurait une grande quantité de chaleur perdue, si la flamme pouvait s'élever tout droit vers la voûte du fourneau. C'est pour cette raison que les caisses, au lieu de s'appuyer immédiatement sur la sole, reposent sur des supports assez hauts pour déterminer la flamme à passer entre elles et la sole, et à les envelopper en entier.

La voûte doit être très-surbaissée. On la construit en argile ou en briques réfractaires : elle est percée de plusieurs ouvertures auxquelles on adapte des tuyaux ou évents qu'on peut fermer plus ou moins. Mais, comme le grand nombre de ces ouvertures nuit à la solidité de la construction, on n'en fait maintenant qu'une seule au milieu de la voûte. Pour répartir ensuite la chaleur d'une manière uniforme, on passe au-dessus de la grille un système de canaux qui font dévier la flamme vers les deux côtés du foyer : ce genre de construction se trouve indiqué par les Fig. 12 et 13, Pl. VIII.

a est la grille pourvue d'un cendrier : elle se trouve un peu au-dessous du sol de l'usine.

Digitized by Google

b est la sole.

c, *c* sont les caisses; confectionnées en briques réfractaires, elles sont ouvertes par le haut; mais on les ferme avec les briques réfractaires, après qu'elles sont chargées.

e, *e* est la voûte.

d, *d* sont les canaux, dans lesquels circule la flamme et qui se réunissent au-dessous de la voûte.

o est l'ouverture par laquelle s'échappe la flamme et la fumée; elle à 47 centimètres de diamètre.

f, *f* sont les ouvertures de la chauffe.

g, *g* sont les entrées du cendrier, qui offrent passage à l'air.

h enfin est la cheminée construite en forme de hotte.

On ménage dans un des petits côtés une ouverture, afin que l'ouvrier puisse entrer dans l'intérieur du foyer pour charger et décharger les caisses; on la mure avant d'allumer le combustible. Il existe aussi des trous pratiqués dans les petits côtés du fourneau, immédiatement au-dessus des caisses, par lesquels on introduit et l'on retire les barres.

1367. Les caisses ont de $2^{m},50$ à 5 mètres de longueur sur 68 à 94 centim. de largeur et autant de hauteur. Si elles étaient trop larges, le fer placé vers le milieu des caisses ne serait point soumis à une assez forte chaleur; il ne faut pas non plus qu'elles soient trop hautes, parce que la flamme ne pourrait plus être distribuée avec autant d'uniformité. En un mot, le métal se carbure plus également, si les caisses sont étroites et basses; dans le cas opposé, on ne peut empêcher que le fer rangé vers les bords de la caisse, ne s'acière trop fortement, si celui du milieu doit recevoir le degré de dureté convenable.

Les caisses sont confectionnées en briques réfractaires ou en argile. Cette terre ne doit pas être très-grasse;

Digitized by Google

on la mêle avec une certaine quantité de sable quartzeux pur, afin d'en diminuer le retrait et d'éviter qu'elle ne se fende dans les températures élevées. Les caisses ont plusieurs pouces d'épaisseur aux parois. On doit les traiter avec beaucoup de ménagement, les sécher d'abord à l'air atmosphérique, les exposer ensuite à une douce chaleur, les laisser refroidir, les visiter et les réparer soigneusement : on doit aussi les examiner de la manière la plus scrupuleuse après chaque cuite, car la moindre fente pourrait occasionner des pertes considérables.

Ce qu'il y a de plus commode, c'est de confectionner ces caisses avec des briques réfractaires, longues, larges et jointes ensemble à demi-épaisseur, afin qu'elles ne laissent aucun passage à l'air atmosphérique.

On supprime dans quelques usines les petits côtés des caisses de cémentation, en prolongeant les grandes faces jusqu'à la rencontre des parois du fourneau. Ailleurs, ces caisses sont entièrement isolées et composées par conséquent de cinq surfaces planes.

Il ne serait guères possible de les fabriquer en tôle ou en fonte; la chaleur les ferait ployer et le courant d'air les oxiderait, quelque soin qu'on mît à les enduire d'une couche d'argile réfractaire. Ce n'est que pour la cémentation de petits objets confectionnés (la trempe en paquet), qu'on emploie des vases de cette espèce fermés hermétiquement.

Il paraît que les anglais construisent souvent les caisses avec du grès réfractaire, dont les joints sont remplis d'argile. Ces pierres qui sont minces et grandes, pourraient servir avantageusement pour le fond; mais on doit préférer à toute autre matière l'argile avec laquelle on fait les creusets. Les fragmens des vieilles caisses doivent être pulvérisés et mêlés aux terres qui servent à la fabrication des caisses neuves; c'est un excellent moyen d'augmenter leur résistance ou leur infusibilité.

Digitized by Google

1368. En préparant l'acier de cémentation, on doit tenir compte et de la nature intrinsèque du fer et de la forme des barres.

Il faut préférer le fer fort et dur au fer fort et doux, parce que le premier est mieux disposé à se convertir en acier. On ne doit pas cémenter le fer rouillé fortement. Il faut se garder aussi des fers pailleux, criqués ou fendus dans le sens de la longueur. Les fentes longitudinales indiquent à la vérité un fer tenace et nerveux, mais il est aussi très-mou, ce qui le rend peu propre à la cémentation.

La largeur des barres est assez indifférente en elle-même; elle varie entre 3 et 5 centimètres. Quant à leur épaisseur, elle ne devrait jamais s'élever au-dessus de 10 millimètres, à moins qu'on ne veuille fabriquer des aciers durs et communs; dans ce cas, on peut donner aux barres 13 à 15 millimètres d'épaisseur; mais on doit les soumettre à une chaleur plus intense et plus prolongée. L'acier, quoique bon au centre, devient alors très-dur à la surface; on est donc obligé de le raffiner à plusieurs reprises, pour le rendre plus homogène. Les barres minces donnent souvent par un seul raffinage, un acier meilleur et plus homogène que celui des barres épaisses soumises deux fois à la même opération. Il s'ensuit que si l'on ne considérait que la qualité des produits et la grandeur du déchet, on devrait toujours cémenter de préférence des barres minces.

Comme l'acier s'alonge de $\frac{1}{120}$ (112), lorsqu'il passe de la température ordinaire de l'été à la chaleur blanche, on doit y avoir égard en déterminant la longueur des barres, afin qu'élevées à une haute température, elles ne viennent pas toucher et rompre la caisse. Si par exemple la longueur de celle-ci était de 10 pieds, on ne pourrait donner aux barres que 9 pieds 11 pouces tout au plus: pour

Digitized by Google

éviter toute espèce d'accident, on les rend ordinairement de quelques pouces moins longues que les caisses; cependant on ne doit pas, entraîné par un excès de précaution, laisser trop d'espace vide, ce qui occasionnerait une perte.

1369. Le cément doit ou contenir du charbon ou en être entièrement composé. Réaumur et Rinman ont essayé un grand nombre de substances; mais, n'ayant pas été guidés dans leurs recherches par les principes d'une saine théorie, ils ont quelquefois employé des corps qui adoucissent le fer au lieu d'en augmenter la dureté. Après une foule d'essais, Réaumur parvint au résultat suivant: que le meilleur cément devait être composé de deux parties de suie, une partie de poussière de charbon, une partie de cendre et une demi-partie à trois quarts de sel marin; qu'après ce mélange, c'était le graphite qui tenait le premier rang, et qu'en général tous les corps contenant du charbon, par conséquent aussi la limaille de fonte, pouvaient servir de cément. On savait d'ailleurs que le fil de fer plongé dans un bain de fonte, se changeait en acier.

L'utilité du sel ne peut s'expliquer par la théorie; d'un autre côté, il paraît que l'expérience n'a pas prouvé d'une manière bien positive, que Réaumur ait été induit en erreur. Rinman croyait, d'après ses observations, que le sel de cuisine donne à l'acier une plus grande dureté, mais qu'il le rend aigre. Il est donc possible que Réaumur ait confondu les effets de l'aigreur avec ceux de la dureté. Cependant nous sommes loin de nier que le chlore, en se volatilisant, ne puisse entraîner des substances qui, désoxidés par le charbon, seraient disposées à se combiner avec le fer.

On n'en sait guères davantage sur l'utilité des cendres mêlées aux cémens, bien qu'elles soient encore employées aujourd'hui dans la proportion d'un dixième. On prétend

Digitized by Google

savoir par expérience qu'elles rendent l'acier plus homogène et plus dur. Il est possible qu'elles ne produisent qu'un effet mécanique; que, modérant l'action du carbone sur le fer, elles favorisent l'uniforme distribution de cette matière dans le métal, puisqu'elles empêchent que les nouvelles doses n'arrivent et ne se succèdent avec trop de rapidité.

Le charbon doit être pilé et passé par un tamis dont la maille soit un peu forte; on ne pourrait l'employer à l'état de poussière impalpable. Il paraît même que celui qui a déjà servi une fois, ne peut plus être pris que par moitié, qu'il devient impropre à la cémentation après une deuxième cuite et qu'il faut alors le renouveler en entier. On est obligé de s'en rapporter à l'expérience pour cet objet; puisque la théorie ne peut encore nous indiquer la différence qui existe entre ces sortes d'effets.

Le charbon de genièvre ou de bouleau est le plus efficace, et en général le charbon de bois dur est meilleur que le charbon de bois tendre. La suie bien recuite constitue à la fois un charbon très-pur et un excellent cément, lorsqu'elle n'est pas réduite en poudre trop fine; sous cette forme elle présente l'inconvénient d'être un mauvais conducteur du calorique. S'opposant à la transmission de la chaleur, elle empêche que les barres placées au centre de la caisse puissent être chauffées convenablement. Les bons effets produits par la suie employée comme cément, s'accordent avec les expériences de Réaumur et réfutent l'opinion nouvellement émise, que dans la cémentation la silice joue un rôle important. Si la petite quantité de cette terre contenue dans les cendres du bois se réduisait, ce qui est fort possible, elle ne pourrait que nuire à la qualité de l'acier. Le sel de cuisine ajouté au cément, n'a peut-être d'autre utilité que de fournir du chlore qui, s'emparant du silicium, l'empêche de se combiner avec le fer. C'est

Digitized by Google

probablement pour cette raison, qu'on ne doit ajouter à la poussière de charbon, qu'une petite quantité de sel marin.

Nous avons déjà fait observer dans la première section, qu'on s'est servi nouvellement du gaz oléagineux pour la préparation de l'acier de cémentation, et qu'on a obtenu d'excellens produits. Ce résultat n'a rien de surprenant, puisque ce gaz fournit un charbon très-pur ne contenant point de silice. Il est impossible de faire servir la poussière de coke pour cément : ce sont probablement les cendres de ce combustible qui s'opposent à son emploi pour cet objet : elles sont composées en grande partie de silice et d'alumine ; tandis que les cendres du charbon de bois ne renferment qu'une très-petite quantité de silice.

1370. Pour charger une caisse, on répand d'abord sur le fond une couche de cément de 5 centimètres d'épaisseur assez fortement comprimée. On y place les barres disposées de champ de manière à laisser entre elles des intervalles de 7 à 13 millim. ; la première et la dernière sont éloignées de 26 millim. des parois de la caisse : si les barres sont minces, il faut les rapprocher plus que si elles étaient épaisses. Il n'y a pas de doute que les grands intervalles ne retardent l'aciération, parce que le charbon est un très-mauvais conducteur du calorique. S'ils sont trop grands, il est impossible de bien échauffer le centre de la masse sans trop élever la température, ce qui nuit à la qualité de l'acier placé le plus près des parois du vaisseau. Mais si les barres sont grosses, le calorique se propage avec plus de facilité dans l'intérieur de la caisse ; on peut donc pour cette raison augmenter la distance d'une barre à une autre. Après avoir répandu sur le fer une couche de charbon de 13 à 20 millim. d'épaisseur, on y place une deuxième rangée de barres, et ainsi de suite jusqu'à 16 centim. au-dessous du bord supérieur de la caisse. Le reste de sa

Digitized by Google

capacité est rempli d'ancien cément (de la poussière qui a déjà servi) et de sable réfractaire humecté d'eau qu'on entasse par-dessus les bords. Lorsqu'on remplace le sable par un couvercle en pierres ou en briques, il faut remplir toute la caisse avec de la poussière de charbon dont la dernière couche doit avoir 16 cent. d'épaisseur.

En stratifiant le fer avec le charbon, on doit avoir grand soin que les barres n'aient entre elles aucun point de contact, et qu'elles ne touchent pas les parois du vaisseau; les bouts des barres, qui d'ordinaire ne sont pas bien affinés, doivent être coupés, et cémentés ensuite avec une poussière moins fine.

Dès que le four est chargé, on en mure la porte, on ferme les ouvertures qui ont servi à y introduire le fer et on le met en activité.

1371. On ne doit pas donner dans le commencement un coup de feu violent, parce qu'on risquerait d'endommager le fourneau ainsi que les caisses; il faut donc élever la température peu à peu pendant 3 ou 4 jours: portée à 90 et même à 100 degrés de Wedgewood, elle est entretenue ensuite à la même intensité jusqu'à la fin de l'opération.

La durée d'une cuite dépend de la nature du combustible, de la grosseur des barres, de la grandeur du foyer et de l'activité de son tirage. Un ouvrier qui connaît son fourneau, sait indiquer avec assez de précision le moment où l'on doit cesser l'opération. Pour plus de certitude, on place cependant aux deux extrémités de petites barres ou *éprouvettes,* à différentes hauteurs dans les caisses. Il faut qu'elles y entrent sur une longueur de 30 à 40 centim., et qu'on puisse les en retirer à volonté. En construisant les caisses et les fourneaux, on y pratique donc des ouvertures pour cet objet.

Les fourneaux qui ont une grande capacité, doivent

Digitized by Google

et dur, sont peu grandes et en petit nombre. Ces ampoules ressemblent à des soufflures produites par un gaz qui voudrait se dégager de la masse, comme si le mouvement du carbone dans le fer donnait naissance à un fluide élastique. C'est à cause de ces ampoules, que l'acier brut obtenu par la cémentation s'appelle *acier poule*. Il est probable que les ampoules ne proviennent que des scories mêlées avec le fer : le carbone, en pénétrant la masse du métal, les rencontre, les décompose et produit un dégagement de gaz oxide de carbone, et peut-être d'acide carbonique *.

En sortant du fourneau, les barres sont parfaitement dépouillées; la texture nerveuse et la couleur bleue du fer ne doivent plus se retrouver dans leur cassure. Si les dimensions du fer sont très-fortes, le tissu sera gros, l'éclat faible, la couleur blanche et légèrement nuancée de jaune vers les bords, preuve que le fer a été sur-aciéré à ces endroits, ce qui est inévitable, parce qu'on ne doit jamais conserver de noyau ferreux. Si le centre de la cassure est brillant, la barre contient encore du fer, lors même que sa texture ne semble pas l'annoncer.

On ne peut éviter qu'il ne se rencontre dans les barres quelques endroits trop fortement cémentés; on y remédie par le raffinage. C'est en raison de ce défaut d'homogé-

* Les cendrures, les pailles, les moines et toutes les solutions de continuité ne sont dues qu'à ces scories, qui, renfermées dans la loupe, n'ont pu en être exprimées par l'action du marteau : or ces défauts se rencontrent bien fréquemment dans les fers mous, c'est pour cette raison qu'ils se couvrent d'une si grande quantité d'ampoules pendant la cémentation. Le fer dur au contraire, susceptible de recevoir un très-beau poli, parce qu'il est plus compacte et qu'il contient moins de cendrures que le fer mou, est moins sujet aussi à se boursouffler lorsqu'on le cémente. L'acier préparé avec du fer semblable ne présente quelquefois aucune soufflure. Le T.

Digitized by Google

néité que les barres non raffinées sont très-aigres et donnent un son d'instrument fêlé, lorsqu'on les brise sous le marteau. On est certain qu'elles ont un noyau ferreux, si l'on est obligé de faire quelque effort pour les rompre : elles doivent se briser facilement sous le marteau. Il est essentiel d'assortir l'acier au moment où on le retire du fourneau, d'autant plus que les barres placées au centre de la caisse, sont toujours moins carburées que les autres.

1374. Si les surfaces des barres ne sont pas couvertes d'une trop forte couche d'oxide, le fer augmente par la cémentation de $\frac{1}{250}$ à $\frac{1}{200}$ de son poids.

On compte ordinairement en Angleterre sur deux cinquièmes pour cent d'augmentation de poids, lorsque le fer est d'une bonne qualité; dans le cas contraire, il n'y a ni perte ni gain *.

1375. Il existe une espèce particulière de cémentation, qu'on emploie pour durcir extérieurement des objets par la trempe : on l'appelle la *trempe en paquet.* Ces objets, stratifiés avec du cément dans des caisses de tôle, sont chauffés fortement et plongés dans l'eau à la chaleur rouge: c'est ainsi qu'on durcit des boutons, des chaînes, des aiguilles et toutes sortes d'outils et d'instrumens qui ont déjà reçu la forme voulue et qu'on veut polir. On entoure la caisse de charbons incandescens, qu'on renouvelle jusqu'à ce que la cémentation soit suffisamment avancée, ce que l'on reconnaît à des fils de fer plongés dans ces caisses et retirés de temps à autre.

A mesure que, pour la trempe en paquet, on prolonge la chaude, la couche d'acier devient plus épaisse, mais on

---

* Voyez aussi, pour l'acier de cémentation, les annales des mines, volume 5, pages 247 et suivantes. Le T.

Digitized by Google

rend les objets aigres. C'est pour cette raison que les aiguilles à coudre confectionnées de cette manière sont très-mauvaises, parce que leurs pointes se brisent facilement; aiguisées de nouveau, elles deviennent molles et finissent par se courber, à cause du noyau de fer qu'elles conservent encore. Les instrumens tranchans ou pointus devraient toujours être confectionnés en acier, mais on peut employer la trempe en paquet pour les objets qu'on veut polir ou pour ceux qui doivent être durs sans offrir une grande résistance.

On se sert très-avantageusement de la trempe en paquet pour des objets d'acier qu'on a été obligé de ramollir, afin de pouvoir les travailler au burin : on peut, par ce moyen, les rendre très-durs après qu'ils sont achevés.

Le meilleur cément pour la trempe en paquet consiste, d'après Rinman, en quatre parties de charbon de bouleau pulvérisé, trois de suie et une de cuir carbonisé. Il paraît qu'en faisant usage de charbon animal, on change le fer en acier plus promptement qu'avec le charbon de bois; on s'en sert pour cette raison avec beaucoup d'avantage pour la trempe en paquet, mais la cause de ce fait est encore inconnue; elle n'est due peut-être qu'à la pureté de cette espèce de charbon *.

Il est évident qu'on doit luter la caisse, pour empêcher le contact de l'air atmosphérique. Après avoir ouvert le vase, il faut plonger les objets dans la matière refroidissante avec la plus grande promptitude, afin qu'ils ne puissent se couvrir d'une couche d'oxide. On les travaille à la lime ou même on les polit à l'émeril avant de les tremper en paquet.

* Ce fait vient encore se réunir à ceux qui sont déjà cités, pour prouver que, dans la cémentation, la présence de la silice n'est pas indispensable, ni même utile; bien qu'elle puisse changer le fer en acier, ou lui donner la propriété de se durcir par la trempe. Le T.

Digitized by Google

Si l'on veut conserver à l'acier le grain fin et ne pas le rendre trop aigre, il faut le tremper à un faible degré de température. Cette précaution devient plus nécessaire encore pour les instrumens tranchans, parce que les pointes ou les taillans s'ébrécheraient s'ils devenaient trop durs et trop aigres. C'est pour cette raison que ces objets, dont au moins le tranchant doit être en acier, ne peuvent se tremper en paquet; car, si la chaleur est faible, le cément n'a point d'action; dans le cas contraire, on change la texture du métal et on la rend moins fine; l'objet se durcit davantage, mais il s'aigrit considérablement.

Il existe cependant des objets d'acier dont il faut augmenter la dureté par une cémentation superficielle suivie de la trempe : tels sont les limes et les rapes d'acier, parce que le cément peut agir sur les petites aspérités de ces instrumens à une chaleur modérée. On les chauffe au brun dans un feu de charbon, on les noircit très-vite à la corne, on les remet dans le feu, jusqu'à ce qu'ils soient rouge cerise, et on les plonge verticalement dans l'eau froide. On peut aussi les enduire à froid avec une substance pâteuse composée de levure de bière, d'une partie de cuir carbonisé et d'une partie de suie; le lait peut remplacer la levure. Il faut sécher cet enduit rapidement, chauffer les limes dans un feu de charbon au rouge cerise, et les plonger ensuite dans l'eau froide.

1376. On est quelquefois obligé de rendre l'acier très-mou avant de le travailler. Il suffit pour cet effet de le chauffer assez long-temps en vase clos: cependant, pour le préserver entièrement du contact de l'air, on lui donne une enveloppe qui consiste soit en limaille de fer doux soit en un mélange de deux parties de craie pulvérisée et d'une partie de poussière de charbon. Soumis ensuite à une forte chaude prolongée pendant 6 à 8 heures, l'acier devient

Digitized by Google

très-doux et se laisse facilement entamer par les outils. Après que l'objet est achevé on le trempe en paquet *.

DE LA PRÉPARATION DE L'ACIER FONDU.

1377. Bien que l'acier de cémentation puisse être tenace, dur, élastique, et que, sous ce rapport, il puisse surpasser quelquefois l'acier fondu, il n'en est pas moins vrai que, chauffé à plusieurs reprises, il perd son carbone et se change facilement en fer ductile. La combinaison du carbone avec le fer ne peut devenir très-intime que par une liquéfaction du métal: on ne peut expliquer au juste la cause de ce fait, mais il se montre aussi dans d'autres combinaisons, dont l'intimité s'accroît jusqu'à un certain point avec le degré de température employé. Il paraît qu'en Angleterre on a fait, en 1750, les premiers essais pour fondre *l'acier de cémentation*, afin d'obtenir un acier plus homogène et d'une composition plus intime. La fabrique

* Pour préparer l'acier qui doit être travaillé au burin, on l'enveloppe d'une couche de limaille de fer de 9 à 10 lignes d'épaisseur, en le mettant dans une boîte de fonte qu'on lute parfaitement, et qu'on expose pendant quatre à six heures à une chaleur blanche continue. On laisse ensuite éteindre le feu, et, pour empêcher l'accès de l'air, on couvre la boîte d'une couche de charbon réduit en poussière fine. C'est le procédé qu'on emploie pour préparer l'acier qui doit être travaillé au burin, ou qu'on destine à recevoir des empreintes par une simple pression. Il paraît que, dans cette opération, l'acier perd une partie de son carbone qui se porte sur la limaille de fer, par sa tendance à se mettre en équilibre : la forte chaude qu'il éprouve, et qui d'ailleurs n'est pas suivie d'une compression, contribue efficacement à le ramollir. Après que l'objet qu'on veut confectionner a été gravé ou buriné, on le trempe en paquet, pour lui rendre toute sa dureté : on le chauffe, pour cet effet, au milieu de charbon animal, dans des vaisseaux parfaitement clos. Voyez un mémoire sur la sidérographie ou l'art de graver sur l'acier fondu, dans les Annales de l'industrie nationale et étrangère, tome 8, n° 35, 1822, page 113. Le T.

Digitized by Google

d'acier fondu la plus ancienne et dont les produits jouissent de la plus grande réputation, est l'aciérie *Hunzman*, à *Sheffield*.

En fondant l'acier de cémentation, on a le double but, de rendre le métal plus homogène et la combinaison plus intime. Si on liquéfie *l'acier de fusion,* on ne peut avoir d'autre intention que celle de le rendre plus homogène; il faut par conséquent que le métal acquière une liquidité parfaite et qu'on le tienne quelque temps en bain.

L'acier fondu est préparé depuis long-temps dans les Indes : les procédés qu'on y suit sont maintenant connus; ils ont été décrits avec beaucoup d'exactitude. Celui qui vient de Bombay, sous le nom de *Wootz,* est très-dur, très-tenace et possède les propriétés de l'acier au plus haut degré; son aspect extérieur prouve évidemment qu'il a été fondu.

1378. La théorie de Monge, Berthollet et Vandermonde, sur la nature du fer considéré dans ses trois états métalliques, fit naître chez Clouët l'idée d'essayer de différentes manières la fabrication de l'acier fondu dont les Anglais faisaient un mystère.

Ce métallurgiste commença ses expériences avec M. Chalut, et les continua seul; il obtint de l'acier fondu :

1° Avec 20 à 30 parties de fer ductile et une partie de charbon liquéfiées, avec ou sans addition de verre, dans un creuset de Hesse;

2° Avec le protoxide de fer réduit par une dose de charbon égale à une et demie ou deux fois le volume du premier;

3° Avec une partie de protoxide et quatre de fonte grise mises ensemble en fusion;

4° Avec trois parties de fer pur, liquéfiées avec une partie de carbonate de chaux et une partie d'argile calcinée (débris de creusets).

Digitized by Google

Quelques chimistes qui ont répété ces expériences, ont trouvé les mêmes résultats. En augmentant la dose du carbone dans les deux premiers essais et celle de la fonte grise dans le troisième, on produit du fer cru au lieu d'acier. Si dans le troisième on augmente la dose de protoxide, on obtient du fer ductile.

Les résultats des trois premières expériences sont conformes à la théorie; dans la troisième on pourrait employer la fonte blanche au lieu de la fonte grise; mais le résultat de la quatrième est directement opposé aux principes de la chimie; aussi ne peut-on douter que Clouët n'ait été induit en erreur soit en opérant dans des vases qui n'étaient pas entièrement clos, soit en confondant un fer dur et aigre avec le véritable acier.

Il existe des métallurgistes qui prétendent que le meilleur acier fondu s'obtiendrait par un mélange de fonte grise et de fonte blanche liquéfiées ensemble en proportions convenables. Cette assertion est si contraire à toutes les idées reçues, qu'on n'a besoin d'aucun essai pour la réfuter.

C'est aussi faire usage d'un moyen défectueux que de préparer l'acier fondu avec la fonte grise et le fer ductile mis en fusion, quoiqu'il n'y ait aucun doute que la masse entière ne puisse se changer en une espèce d'acier; mais elle serait extrêmement mauvaise, à moins que le fer cru ne fût d'une pureté parfaite.

Mushet a encore poussé plus loin les essais de Clouët; il a proposé de préparer l'acier fondu avec du fer ductile et du minérai riche fondu ensemble en contact avec le charbon ou le graphite.

Il diffère de Clouët en ce qu'il fixe le rapport du charbon au fer tout au plus à $\frac{1}{70}$, tandis que Clouët prétend avoir encore obtenu de l'acier avec $\frac{1}{20}$. M. Bréant a recommandé, il y a peu de temps, de fabriquer l'acier fondu avec du

Digitized by Google

fer pur qu'on liquéfierait dans des creusets avec une addition de noir de fumée.

1379. Les essais de Clouët et de Mushet servent plutôt à fortifier la théorie, qu'à fournir des applications utiles. Pourquoi fondre un corps aussi réfractaire que le fer pur, lorsqu'on peut arriver au but proposé, en liquéfiant l'acier naturel ou l'acier de cémentation? Pourquoi se livrer à l'incertitude d'un semblable procédé, lorsqu'il est si facile de préparer l'acier fondu avec un acier quelconque? Nous disons que le succès de cette opération est incertain, parce qu'on ne peut jamais connaître d'avance la quantité de carbone qui entre en combinaison avec le fer ductile, lors même que les vaisseaux sont clos et lutés avec le plus grand soin, attendu que pour fondre le fer ductile, il faut employer un degré de chaleur si élevé, qu'il dilate les creusets et détache les couvercles. Le succès est d'ailleurs incertain, parce qu'on n'est pas toujours sûr, dans les opérations en grand, de pouvoir produire la haute température qui est nécessaire pour effectuer une fusion parfaite *.

La réduction des minérais riches avec une petite dose de poussière de charbon, présente les mêmes incertitudes et donne en outre un produit impur, à cause de la présence des métaux terreux, dont une partie entre en com-

* M. Bréant trouve que 100 parties de fer mises dans un creuset avec 2 parties de noir de fumée, fondent aussi facilement que l'acier. Ce métallurgiste a fait aussi de l'acier qu'il juge propre à la fabrication des armes blanches, en fondant 100 parties de limaille de fonte très-grise jointes à 100 parties de pareille limaille préalablement oxidée. Cet acier, dit-il, est très-élastique, et devient d'autant plus nerveux que la proportion de fonte oxidée, est plus considérable. Voyez les Annales de Chimie et de Physique, tome 24, page 388, et le bulletin de la société d'encouragement pour 1823, page 225 et 226. Le T.

Digitized by Google

binaison avec l'acier et dont le reste forme un bain de scories qui s'oppose à la réduction, de sorte qu'on ne peut jamais connaître d'avance la quantité de carbone qui agira sur le fer. Il s'ensuit que la nature du produit obtenu sera plutôt un effet du hasard qu'un résultat du calcul.

On pourrait, à la rigueur, préparer l'acier fondu, en liquéfiant le fer ductile avec la fonte blanche la plus pure; celle qui contiendrait du manganèse mériterait la préférence; parce qu'elle serait plus fusible. Quant aux proportions de fer et de fonte, elles dépendraient et de la nature de cette dernière et des propriétés qu'on voudrait donner à l'acier; il deviendrait plus dur et plus aigre, si l'on diminuait la quantité de fer ductile; le contraire aurait lieu, si on l'augmentait. Ce serait donc à l'expérience qu'on devrait recourir pour déterminer le dosage.

Mais, pour suivre cette méthode, il faudrait disposer d'une fonte si pure, qu'on ne pourrait guères l'obtenir des minérais, et qu'on serait forcé le plus souvent de la composer d'abord avec le fer ductile et le carbone, ou du moins de mazer la fonte de haut fourneau : cette manière de procéder ne présenterait donc aucun avantage pécuniaire. Il faudrait d'ailleurs employer un degré de chaleur extrêmement élevé, et les propriétés des résultats seraient toujours incertaines. Mieux vaut donc se servir de l'acier de cémentation comme matière première, même sous le rapport de l'économie.

L'usage de l'acier fondu est devenu très-général en Angleterre; il se répand de jour en jour davantage. L'acier de fusion se fabrique particulièrement en Allemagne, en France et en Suède. Mais il est à présumer qu'en assez peu de temps, la préparation de cette espèce d'acier sera restreinte dans les limites de quelques provinces douées par la nature des meilleurs fers spathiques.

Il paraît que sous le rapport du bénéfice industriel,

Digitized by Google

on ne peut employer que l'acier de cémentation pour la fabrication de l'acier fondu.

1380. Le *Wootz*, ou l'acier des Indes, dont la préparation est restée long-temps inconnue, constitue aussi un acier fondu ; on l'obtient par la fusion du fer ductile avec des plantes qui se carbonisent dans le cours de l'opération. Cet acier doit ses qualités à un fer obtenu par l'affinage immédiat des minérais, d'après des méthodes analogues au travail des *stuckofen :* nous avons vu dans la deuxième section que les produits obtenus par ces sortes de procédés, sont toujours d'une excellente qualité. On fond le fer stratifié avec certaines plantes, dans de petits creusets qui peuvent en contenir tout au plus 1 kilog.; c'est à la petite quantité de matière traitée à la fois, qu'on peut attribuer l'homogénéité du produit; mais cette manière de procéder est fort dispendieuse. On laisse refroidir l'acier avec beaucoup de lenteur dans le creuset qui, par conséquent, ne peut servir que pour une seule fusion.

Le procédé que suivent les orientaux pour la préparation du Wootz, a été décrit avec beaucoup de détails par MM. Buchanan et Heyne. Quant à la présence des métaux terreux trouvés dans le Wootz, nous renvoyons pour cet objet à la première section.

Les persans fabriquent l'acier fondu d'une manière plus simple; ils liquéfient dans des fourneaux à cuve activés par un courant d'air libre, le fer ductile stratifié par lits alternatifs avec du charbon.

1381. Comme le fer cru n'est point soudable et comme la fonte blanche ne diffère essentiellement de l'acier trempé, que parce qu'elle contient une plus grande dose de carbone, il s'ensuit que la soudabilité du fer doit diminuer dans le rapport inverse de la quantité de carbone qu'il

renferme. L'acier se soude à un moindre degré de chaleur que le fer; mais on doit le garantir soigneusement du contact de l'air atmosphérique: on est obligé pour cette raison d'enduire les endroits où la jonction doit avoir lieu, avec une argile fusible, délayée dans l'eau, afin de former une légère couche de scories. Cette précaution est plus nécessaire encore, si l'on soude l'acier avec le fer qu'avec lui-même, parce que le fer exige une chaude plus intense, et qu'on est alors obligé d'exposer l'acier à la chaleur plus long-temps qu'il ne faudrait le faire eu égard à la nature de ce métal.

L'acier est d'autant plus difficile à souder avec le fer qu'il contient plus de carbone, ou qu'il devient plus dur et plus aigre, si toutefois la dureté et l'aigreur ne proviennent pas de la présence de matières étrangères. Enfin il arrive un point où le métal cesse de pouvoir se souder. Il est probable que la quantité de carbone qui détermine cette limite entre l'acier et la fonte est constante, mais on ne la connaît pas encore avec assez d'exactitude. L'acier fondu préparé autrefois en Angleterre ne pouvait se souder, mais il se distinguait du fer cru par sa malléabilité, c'était donc un véritable produit intermédiaire entre le fer et la fonte: il ressemblait à l'un puisqu'il était malléable, et à l'autre puisqu'il ne pouvait se souder et qu'il ne demandait pas une chaleur extraordinaire pour se liquéfier de manière à remplir un moule quelconque. Il paraît qu'au moyen d'une légère augmentation de carbone, il se serait changé en fer cru, et si par un moyen quelconque on avait pu soustraire à l'acier une petite dose de carbone, ou bien si l'on avait pu le répartir différemment dans le métal, on en aurait fait un acier soudable. Au reste, lorsque le Wootz a été importé pour la première fois, on ne savait pas non plus le traiter ni le souder avec le fer.

Digitized by Google

L'acier fondu, non susceptible de se souder, est néanmoins propre à la fabrication d'une foule d'objets dont le mérite essentiel consiste dans le poli et la dureté. Il exige beaucoup de soins pour être travaillé, parce qu'il tombe en morceaux à une forte chaleur et qu'on ne peut le forger, si la chaude est trop faible *.

1382. Il paraît extraordinaire au premier coup-d'œil que l'acier de cémentation soit toujours plus facile à souder

* Il existe des aciers qui, maniés par un grand nombre d'ouvriers, paraissent ne pas être soudables et qui cependant le deviennent, s'ils sont traités convenablement. Voici une note sur la soudure de l'acier fondu, extraite du bulletin de la société d'encouragement pour l'année 1818, page 152 :

Il faut d'abord limer les faces qui doivent être juxta posées, les couvrir de borax, les joindre et les retenir ensemble par des anneaux ou des liens de fer; au lieu de borax, on peut employer aussi le verre noir de bouteille, auquel on ajoute un peu d'alkali. On chauffe ensuite les barres dans un feu de charbon de bois; lorsque le flux est fondu, on les retire du feu, on les trempe encore une fois dans de la poudre de borax ou de verre, et l'on donne une nouvelle chaude dont l'intensité ne doit pas dépasser le degré strictement nécessaire pour la soudure. En opérant de cette manière, on conserve à l'acier toute sa dureté.

On peut unir deux barres d'acier fondu quelconque, ou même deux barres de fonte, en introduisant les extrémités que l'on veut joindre ensemble, dans une boîte et en élevant la température jusqu'au point de fusion; mais alors on n'exécute pas ce qu'on appelle une soudure, qui doit s'effectuer sur des métaux à l'état solide, chauffés au blanc, et soumis ensuite à une certaine compression.

Il est possible aussi de braser la fonte au fer ou à la tôle. On commence par décaper, avec du sel ammoniac, les surfaces qui doivent être superposées. On y étend ensuite une couche d'un mélange composé de borax calciné et de limaille de fer fine, mis en pâte liquide par une addition d'eau, et l'on maintient les pièces ensemble à l'aide de rivets ou de fil de fer comme pour la brasure ordinaire. On lute, pour empêcher l'oxidation, et l'on chauffe assez fortement pour opérer la fusion; les pièces s'unissent alors et adhèrent l'une à l'autre avec beaucoup de force. Annales de l'Industrie, numéro 42, page 272, 1823. Le T.

Digitized by Google

que l'acier fondu qui en provient; tandis que ce dernier pouvant perdre une petite quantité de carbone pendant la fusion, devrait être plus soudable que le premier. Il faut attribuer ce fait à la combinaison intime du carbone avec le fer dans l'acier fondu, et au défaut d'homogénéité de l'acier de cémentation qui se compose de parties dures et de parties molles, dont les dernières facilitent le soudage. Ce fait est d'ailleurs lié à une autre propriété de l'acier fondu; sa soudabilité augmente considérablement si on l'expose long-temps à une forte chaleur et s'il est refroidi ensuite avec beaucoup de lenteur. Ainsi les barres d'acier fondu qui, dans les lingotières, ont éprouvé un refroidissement assez prompt et qui se forgent difficilement, peuvent être étirées sans peine après qu'elles ont été chauffées long-temps à l'abri de l'air. Pour les protéger contre l'action de l'oxigène, on les couvre d'un enduit composé de deux parties de craie pulvérisée et d'une partie de poussière de charbon : on peut employer aussi la limaille de fer. Les chaudes prolongées long-temps ne diminuent pas la quantité de carbone contenue dans l'acier; mais elles donnent naissance aux polycarbures, dont la formation exige beaucoup plus de temps qu'on n'en emploie ordinairement pour chauffer les barres qu'on veut forger ou pour ramollir celles qui ont été trempées. Enfin ces chaudes prolongées produisent une autre distribution du carbone dans la masse du métal, qui devient alors plus doux et plus malléable.

1383. On croyait anciennement qu'il existait de l'acier fondu qu'on ne pouvait forger, et qu'il fallait couler les objets qu'on voulait fabriquer avec ce métal; mais dans ce cas il ne doit plus recevoir le nom d'acier, car ce n'est que par la malléabilité qu'on peut le distinguer de la fonte blanche.

L'acier qui est très-dur diffère à la vérité du fer ductile par le manque de soudabilité; mais ce n'est pas une dis-

Digitized by Google

tinction caractéristique, car la plupart des aciers peuvent se souder. L'acier non soudable est de tous les aciers le plus dur, le plus aigre, le plus compacte et le moins ductile, parce qu'il ressemble le plus à la fonte blanche.

Quand on connaît parfaitement l'acier qu'on veut fondre, on peut composer à volonté un acier doux et tenace, ou dur et aigre, se rapprochant soit du fer, soit de la fonte dont il ne se distinguera que par sa ductilité.

1384. Nous pouvons conclure de ce qui précède qu'on fait mieux de préparer l'acier fondu avec un composé de fer et de carbone, que de le fabriquer avec les élémens de cette composition. On aura le double avantage de pouvoir opérer à un bien plus faible degré de chaleur, et de ne pas se tromper si fortement sur la nature et les propriétés du résultat : l'acier qu'on met en fusion ne perd point de carbone, le composé devient seulement plus homogène et l'union plus intime; tandis qu'en liquéfiant le fer ductile mis en contact avec le charbon, on n'est nullement maître de combiner avec le métal une dose de combustible jetée dans le creuset.

La matière première la plus propre à la fabrication de l'acier fondu, est donc l'acier lui-même. La nature du produit dépendra de l'acier brut qu'on fera entrer en liquéfaction; il devient du reste, par la fusion, plus homogène, plus dense et plus tenace (1377). Si l'on veut obtenir un acier tellement dur qu'il ne puisse être soudable, il faut employer un acier brut qui se rapproche de la fonte plutôt que du fer ductile. L'objet essentiel d'où dépend le succès de l'opération consiste donc dans l'assortiment et le choix des matières premières. Les ouvriers chargés de ce travail, doivent posséder une parfaite connaissance des aciers, afin qu'en mêlant ceux qui sont durs avec ceux qui sont mous en proportions convenables, le résultat de

Digitized by Google

la fusion puisse, dans chaque cas particulier, acquérir les qualités exigées. L'expérience et une longue habitude sont les seuls guides auxquels on puisse se confier. Il ne peut exister aucune règle concernant cet assortiment, vu les variations sans nombre qui règnent parmi les aciers bruts et les aciers fondus qu'on veut obtenir.

1385. La fusion a lieu dans des creusets, d'une manière semblable à celle du fer cru, mais la chaleur doit être bien plus intense; il faut donc donner au fourneau un tirage plus considérable. On peut entourer les creusets de cokes incandescens et les chauffer dans un fourneau à vent, ou bien les placer dans des fours à réverbère semblables à ceux des verreries.

Les fourneaux à vent sont généralement préférés; on active le tirage à l'aide de tuyaux ou de porte-vent adaptés au cendrier, et au moyen d'une très-haute cheminée. Le charbon de bois ne pourrait être employé, parce qu'il ne donne pas assez de chaleur. Pour en faire usage, il faudrait que les fourneaux fussent très-profonds, c'est-à-dire que la grille fût à une grande distance de l'ouverture intérieure de la cheminée. On serait forcé d'ailleurs de renouveler les charbons fréquemment, ce qui serait assez incommode et occasionnerait une perte de temps et une grande dépense de combustible. Il vaut donc mieux alimenter ces foyers avec du coke.

On peut augmenter l'affluence de l'air, en faisant des trous coniques immédiatement au-dessous de la grille, dans les trois faces du cendrier, et en établissant un canal de communication entre la grille et l'air extérieur, canal qu'on ferait aboutir au nord du bâtiment. Le rampant est pourvu d'un tiroir servant à modifier le courant d'air.

Le fourneau ne peut recevoir qu'un seul creuset à la fois, parce qu'on doit l'entourer de combustible et qu'on

Digitized by Google

est obligé d'ailleurs de resserrer le foyer afin de concentrer la chaleur. On doit à M. Broling une description bien détaillée de la fabrication de l'acier fondu, procédé qui d'ailleurs est extrêmement simple.

1386. Pour opérer la fusion au feu de flamme, on emploie des espèces de fourneaux à réverbère de petites dimensions et dont la sole est divisée en deux parties égales par une grille qui la traverse au milieu. On place deux creusets de chaque côté de la grille, de sorte que le foyer peut en contenir quatre; on les fait entrer ou sortir par des ouvertures pratiquées dans les faces latérales et fermées par un mur de briques, lorsque le four est en activité. On chauffe avec la houille : le bois exigerait une grille trop large et ne donnerait pas assez de chaleur. On pratique du côté des deux faces non pourvues d'ouvertures, des canaux qui doivent recevoir la flamme et la conduire au sommet de la voûte, d'où elle se rend dans la cheminée; c'est par ce moyen que les creusets enveloppés de flamme se trouvent chauffés uniformément. L'ouverture ménagée dans la voûte doit être assez petite, afin qu'elle ne puisse attirer la flamme avec trop de force ni l'empêcher de se rendre dans les conduits dont nous venons de parler; ceux-ci communiquent dans la partie supérieure de la voûte, avec la cheminée dont la hauteur doit être la plus grande possible.

Cette manière de refondre l'acier présente toutes sortes d'inconvéniens: il est assez difficile de placer et d'enlever les creusets; on perd du temps pour murer les ouvertures pratiquées dans les faces latérales du four, et l'acier, s'il n'est pas très-dur, se liquéfie difficilement au feu de flamme. On ne peut se dispenser d'opérer au feu de charbon, lorsqu'on veut produire un acier doux et soudable; parce qu'il faut employer des aciers bruts peu carburés et par-

Digitized by Google

conséquent très-réfractaires. Ajoutons encore que les creusets éclatent ou se fendent facilement dans les fours à réverbère; ils y sont bien moins sujets dans les fourneaux à vent où ils se trouvent entourés de cokes embrasés.

1387. La qualité des creusets mérite la plus grande attention. Ceux qui sont confectionnés en graphite jouissent de la propriété de ne pas se gercer, d'endurer la plus forte chaleur et de passer d'un degré de température à un autre sans en être endommagés; mais on les vend quelquefois à des prix très-élevés. Dans les pays où ils sont trop chers, on fait les creusets avec une argile très-réfractaire, qu'on mêle avec du sable quartzeux pur, ou mieux encore avec cette argile fortement calcinée, avec des débris de vieux creusets, afin de rendre la terre moins grasse, de diminuer le retrait et de prévenir les gerçures. On est obligé de cuire les creusets très-fortement avant de les employer, et de rebuter ceux qui montrent quelque défectuosité.

Des métallurgistes praticiens assurent que les creusets d'argile confectionnés par compression avec deux moules, à la manière des coupelles d'essai, résistent mieux à la chaleur, sont plus denses et peuvent soutenir un plus grand nombre de fusions que les creusets faits à la main. C'est avec beaucoup de force qu'on enfonce le noyau dans la matière argileuse renfermée dans un moule de fer; on ne peut donc les fabriquer qu'au moyen d'une presse.

La capacité des creusets est arbitraire et variable; cependant on ne leur donne guères plus de 13 centim. de diamètre et 21 centim. d'élévation, en sorte qu'ils contiennent tout au plus 20 à 25 kilog. d'acier.

1388. Anciennement on faisait un grand secret de la composition du *flux* destiné à recouvrir le métal pendant

Digitized by Google

la liquéfaction. Il est évident que cette matière doit avoir des propriétés telles, qu'elle ne puisse ni enlever du carbone au fer, ni lui céder quelque substance étrangère. Du verre parfaitement pur, mêlé d'un peu de borax qui en accélère la fusion est, par conséquent, la meilleure composition qu'on puisse employer pour couvrir l'acier. Au reste on peut se dispenser de l'emploi des flux, si les creusets sont hermétiquement fermés et si l'on est assuré que la chaleur ne puisse les ouvrir *. La présence du flux ou du laitier qui en résulte, est même très-gênante, quand on verse le métal liquide dans les moules.

Il faut élever la température par degrés et ne pas donner dans le commencement un coup de feu violent. Les creusets doivent être chauffés le plus fortement à leur base; afin que le métal placé dans la partie inférieure, puisse entrer le premier en liquéfaction. La durée de la fusion et le nombre de fois qu'il faut recharger en coke, dépendent de l'activité du tirage et de la fusibilité de l'acier. C'est encore l'expérience qui est ici le meilleur guide.

Quelquefois on continue la chaleur de la fusion pendant plusieurs heures; dans tous les cas, il est nécessaire que la masse parfaitement liquide soit entretenue dans cet état pendant quelques minutes avant qu'on procède à la coulée.

Les creusets sont retirés du four avec des tenailles courbes, et le métal liquide se verse dans des lingotières en fer de forme carrée ou octogonale, et composées ordinairement de deux pièces qu'on peut séparer. Les barres d'acier obtenues de cette manière sont forgées ensuite avec beaucoup de précautions avant d'être livrées dans le commerce.

---

* Il est avantageux que le couvercle du creuset ne soit pas fabriqué avec la matière la plus réfractaire, afin que par un commencement de fusion, il puisse se coller contre le creuset et le fermer hermétiquement. Voyez les Annales des Mines, tome 5, page 252. Le T.

Les lingotières ne doivent pas avoir une trop grande capacité; il faut qu'elles soient remplies en entier. Dès qu'elles sont pleines on couvre l'acier avec une couche d'argile ou de terre grasse, afin qu'il reste bien compacte et qu'il ne présente point de soufflures après le refroidissement.

Il est bien entendu que le courant d'air doit être entièrement intercepté, lorsqu'on veut retirer les creusets du fourneau.

Il résulte des expériences de Clouët, que les composans du verre employés comme flux, produisent un tout autre effet que le verre lui-même, lors même qu'ils seraient employés dans les doses voulues pour former ce dernier: il paraît qu'une partie du potassium et du silicium se combinent avec l'acier dont ils augmentent l'aigreur; tandis que la potasse et la silice fondues déjà en verre ne peuvent agir sur le métal.

C'est avec des bouts de barres qu'on prépare souvent en Angleterre l'acier fondu. Ces bouts, plus fortement cémentés que le milieu des barres, constituent un acier aigre et impropre à tous les usages mais ils conviennent très-bien à la préparation d'un acier fondu, dur et non soudable. L'emploi de l'acier fondu s'est tellement multiplié dans ce pays, que dans plusieurs usines on ne fabrique l'acier de cémentation que pour le convertir en acier fondu.

DE LA TREMPE DE L'ACIER.

1389. Le but de la trempe est de durcir l'acier au moyen d'un refroidissement subit: on le plonge communément dans une matière liquide, après l'avoir chauffé au rouge. L'acier refroidi avec lenteur n'est guères plus dur que le fer ordinaire, et il possède les propriétés qu'il avait avant d'avoir été porté au feu.

Digitized by Google

Voici les changemens que la trempe lui fait éprouver:

1° Il augmente de volume, parce qu'il conserve en partie la dilatation produite par le calorique, tandis que l'acier chauffé et refroidi lentement reprend le volume qu'il avait auparavant;

2° Sa densité et sa pesanteur spécifique diminuent; mais, chauffé de nouveau, il reprend celles qu'il avait avant d'être trempé;

3° La surface de l'acier se décape, c'est ce qu'on appelle *découvrir*. Elle reçoit l'éclat métallique, parce que la couche d'oxide qui la couvre, prend alors un retrait différent de celui du métal. Si l'acier qu'on trempe ne se dépouille pas, il est ferreux : la surface du fer pur, chauffé et refroidi subitement, ne découvre jamais, parce qu'il reprend le volume qu'il avait avant la trempe, et que la couche d'oxide dilatée peut alors se retirer avec le métal sans le quitter;

4° La texture de l'acier change complètement; son grain devient si fin qu'il ressemble à celui de l'argent le plus pur et qu'il est impossible de l'apercevoir sans une loupe;

5° Sa couleur s'éclaircit; son éclat augmente par conséquent par la trempe;

6° Il devient beaucoup plus dur et conserve cette dureté jusqu'à ce qu'il soit chauffé de nouveau;

7° Sa ténacité s'accroît;

8° Il perd une partie de sa ténacité, si la différence de température de la chaude au milieu dans lequel on le plonge pour le tremper est trop grande, eu égard à la nature de l'acier; alors sa dureté et son aigreur augmentent. Toutefois si cette différence devient très-considérable, la dureté s'affaiblit et l'aigreur va toujours en croissant, au point qu'on peut à la fin pulvériser le métal.

Tous ces chargemens dépendent de l'abaissement de

Digitized by Google

température que l'acier éprouve subitement; ils dépendent par conséquent de l'intensité de la chaude, ainsi que de la température et de la conductricité du milieu refrigérant.

1390. Le volume de l'acier trempé est, d'après Réaumur et Rinman, d'un quarante-huitième plus grand que celui de l'acier non trempé; ou, ce qui revient au même, le rapport de la longueur entre deux barres est comme 144 à 145. Les ouvriers qui emploient ce métal, n'ignorent pas la propriété qu'il a de s'étendre par la trempe; elle leur cause souvent de grands embarras, si l'acier est ferreux d'un côté, ou s'il est soudé au fer, puisque ce dernier reprend après la trempe la longueur qu'il avait avant d'être chauffé. Il s'ensuit qu'un objet confectionné en fer et en acier doit se courber ou se *voiler*, d'après l'expression des ouvriers; on est donc obligé de le redresser après le recuit. Cette opération est quelquefois assez longue et difficile, parce qu'il faut étirer le côté ferreux à coups de marteau.

Mais il n'est pas encore certain que tous les aciers trempés augmentent de volume et diminuent de densité. Rinman cite à ce sujet une expérience qu'il a faite sur un excellent acier naturel, dont le volume a été diminué d'un vingt-septième ou qui s'est racourci par la trempe à peu près d'un quatre-vingt-unième au-dessous des dimensions qu'il avait avant d'être chauffé. Ce métallurgiste penche même pour l'avis que le meilleur acier, possédant la plus grande élasticité, doit diminuer de volume par la trempe, ce qui n'est pas invraisemblable. Cependant on ne peut rien affimer, faute d'expériences positives. Rinman semble croire que tous les aciers de cémentation se dilatent, tandis que les aciers naturels se retirent. Il est probable que leur degré de résistance et d'élasticité dépend de leur manière de se comporter à la trempe : celui qui

Digitized by Google

s'étend le plus est sans doute le moins tenace et le moins élastique.

Le changement de volume de l'acier doit dépendre du degré de chaleur auquel on le trempe; c'est pour cette raison que l'acier trempé à une très-haute température perd sa ténacité, cesse d'être élastique, devient aigre et fragile.

1391. On regarde souvent la flexibilité comme opposée à la fragilité, mais les corps les plus flexibles ne sont pas toujours les plus tenaces : la cire molle en offre un exemple. La flexibilité dépend d'ailleurs de l'épaisseur du corps qu'on examine. Les rubans de bois détachés par le rabot, sont extrêmement flexibles; tandis que d'épaisses pièces du même bois se rompent plutôt que de plier. On ne peut donc établir de semblables comparaisons qu'entre des corps de même nature et de mêmes dimensions. Les grosses barres de fer et les lames minces ne peuvent avoir la même flexibilité.

Si l'on compare entre elles les différentes espèces de fer, on s'aperçoit tout de suite que le fer le plus pur est en même temps le plus mou et le plus flexible. Mais il existe aussi des fers mous peu flexibles; ce sont des fers d'une très-mauvaise qualité. Les fers mous ne possèdent point d'élasticité; ce genre de flexibilité n'appartient qu'au fer dur, et principalement à l'acier *. Il paraîtrait donc qu'il existe une relation entre l'élasticité et la dureté des corps, bien que la dernière ne soit pas la cause de l'autre; sans cela la fonte blanche serait élastique. La dureté ne favorise donc l'élasticité que jusqu'à un certain point; passé cette limite, les corps deviennent aigres. Il en résulte

---

* Le fer le plus doux devient élastique lorsqu'il a été battu à froid, parce que cette opération le durcit. Le T.

Digitized by Google

1° Que l'acier le plus dur n'est pas toujours le plus élastique ;

2° Que les aciers ne doivent être trempés qu'au degré de température qui puisse leur assurer la plus grande élasticité.

Ce métal approche d'autant plus de la perfection qu'il exige moins de chaleur pour prendre la trempe, parce qu'il ne subit alors qu'un faible changement dans sa texture. Le meilleur acier est celui qui joint la plus grande dureté au plus haut degré d'élasticité : ce ne peut être que l'acier le plus pur, dépouillé de toute espèce de matières étrangères, de métaux terreux, de soufre, de phosphore, etc., et qui forme avec le carbone la combinaison la plus intime et la plus uniforme. Si l'on donne à l'acier une dureté moins grande que celle qu'il est susceptible de recevoir, il devient plus tenace et moins élastique.

1392. Pour rendre l'acier le plus élastique qu'il est possible, on doit donc le tremper à un degré de chaleur déterminé pour chaque espèce. En augmentant la différence de température de la chaude au milieu réfrigérant, on peut augmenter la dureté du métal ; mais on le rend plus fragile et l'on en diminue l'élasticité : il paraît même qu'en passant une certaine limite, on diminue la dureté.

On peut donc accroître ou diminuer le degré de trempe de deux manières : soit en conservant le même degré de chaude et en faisant varier la température et la conductricité du milieu réfrigérant, soit en changeant le degré de chaude du métal *.

* Toutefois il ne faut pas croire qu'on puisse produire le même effet par la trempe, en augmentant ou en diminuant la température de l'acier et celle du milieu réfrigérant, du même nombre de degrés, ce qui ne changerait pas leur différence. Si, par exemple, un acier chauffé à 50° de Wedg., et plongé dans l'eau dont la température serait égale à o,

Digitized by Google

Le premier de ces moyens serait fort bon si, dans la pratique, on n'éprouvait pas de trop grandes difficultés à faire varier d'une manière convenable la température du milieu réfrigérant, pour donner au même acier la dureté ou la flexibilité requise dans les cas divers. Mais on remédie à cet inconvénient par le recuit.

Le deuxième moyen est très-mauvais, parce que l'élasticité de l'acier dépend en partie de sa dureté. Si donc la chaude n'est pas assez intense, l'acier ne reçoit pas le degré d'élasticité et de résistance qu'il est susceptible d'acquérir par la trempe.

Il s'ensuit que dans le cas où l'on veut donner à l'acier la plus grande dureté jointe à la plus grande élasticité, on doit le chauffer à un degré déterminé par sa nature, et faire varier ensuite la température et la conductricité du milieu réfrigérant, selon le but qu'on se propose. Cependant, on ne peut espérer d'obtenir par ce moyen seul les résultats désirés; l'acier possédera toujours l'aigreur qui est due à son maximum de dureté, lors même qu'il n'aurait pas été surchauffé. On tâche donc de lui enlever cette partie de l'aigreur au moyen d'une deuxième opération qui est le recuit, et dont il sera question plus bas. Cette aigreur est moins forte quand la chaude a été en harmonie avec la nature de l'acier, en sorte qu'on peut quelquefois la négliger; mais il n'en est pas ainsi dans le plus grand nombre des cas, à cause du défaut d'homogénéité de tous les aciers non fondus et de l'imperfection avec laquelle

---

parvenait à son maximum de dureté et d'élasticité, cet acier deviendrait moins dur, si l'on augmentait la chaude et la température de l'eau d'un 1/1° de Wedg. = 36° centigr. Le 1/1° de Wedg. ajouté à la chaude ne serait guère sensible; l'ouvrier n'aurait même aucun moyen de le distinguer; mais les 36° centigr. donnés à l'eau, ramolliraient la trempe considérablement. Le T.

Digitized by Google

s'exécutent nécessairement la chaude et la trempe. C'est par cette raison qu'on peut rarement se dispenser du recuit.

Il résulte des expériences de M. Gill, que l'acier chauffé au degré voulu, plongé ensuite dans le bain d'un alliage de plomb et d'étain dont la température est portée jusqu'au rouge, se durcit très-bien, qu'il n'a pas besoin d'être recuit, que ce genre de trempe ne le voile pas, et qu'en outre il n'occasionne point de criques. Mais il s'agirait de savoir si cette trempe est propre à tous les aciers, et si elle peut servir à modifier convenablement une même espèce d'acier selon l'emploi auquel on la destine.

1393. La grande difficulté consiste à connaître et à donner le degré de chaleur convenable à chaque espèce d'acier. Quoiqu'on sache bien que l'acier doux exige une chaude plus intense que l'acier dur, il est difficile de déterminer avec exactitude les différens degrés de chaleur auxquels les aciers doivent être chauffés, parce que l'on ne connaît aucun moyen facile de mesurer les hautes températures. On est donc obligé de s'en rapporter à l'expérience des ouvriers, dont le coup-d'œil peut être trompé par une foule d'accidens. La difficulté augmente encore à cause des grandes variations qui existent dans les différens aciers. Cependant on ne peut juger de l'intensité des chaudes que par la couleur du métal, qui s'éclaircit en passant par des nuances presqu'insensibles : pour les saisir il faut avoir la plus grande habitude.

Entre le rouge brun et la chaleur blanche sont compris les nombreux degrés de température auxquels on effectue la trempe. Si l'on chauffe au rouge brun seulement, la trempe ne produit presqu'aucun effet; si au contraire on pousse la chaleur jusqu'au blanc, l'acier devient extrêmement aigre, fragile et même tendre. Mais ces deux termes extrêmes diffèrent entre eux de 90 degrés de

Wedgewood, et malgré cette énorme différence, on ne peut distinguer à l'œil, d'une manière précise, que deux points, le rouge cerise et le rouge rose.

On a proposé de faire des alliages métalliques qui fondraient à des températures déterminées, et dans lesquels on ferait rougir l'acier, afin de lui donner toujours le même degré de chaleur, du moins pour des objets délicats; mais ce procédé est inexécutable, car la plupart des métaux se liquéfient à une température au-dessous de celle qui est nécessaire pour opérer la trempe. Les alliages des métaux réfractaires avec les métaux fusibles sont encore inconnus et difficiles à composer; souvent même on ne pent y parvenir : et d'ailleurs on ne pourrait éviter que ces bains métalliques ne s'échauffassent au-dessus du degré de chaleur nécessaire pour opérer la liquéfaction.

Voici un tableau de la fusibilité des métaux d'après Thomson :

Mercure à	—	32° Réaumur.	
Arsénic.	+	164	
Etain.		168	
Bismuth		205	
Plomb et tellure. .		230	
Zinc		296	
Antimoine		345	Wedgewood.
Rouge brun . .		478	0 »
Laiton.		1688	21° »
Argent.		1748	22 »
Cuivre.		2034	27 »
Or.		2322	32 »
Rouge cerise . .		3070	45 »
Rouge rose . . .		5086	80 »
Chaleur blanche.		5662	90 »
Fer cru		7678	125 »
Cobalt.		7966	130 »
Fer pur		9579	158 »

Digitized by Google

	Réaumur.	Wedgewood.
Manganèse. Rhodium. Palladium Iridium Osmium. Nikel	9694.	160 »
Platine. Chrôme Urane. Molybdène. Tungstène. Titane. Colombium	10270	170 »

Les degrés de chaleur auxquels il faut tremper les diverses espèces d'acier, sont par conséquent compris entre 40 et 80 degrés de Wedgewood : on ne peut en juger que par la couleur du métal rouge de feu. Lorsque l'expérience les a fait connaître, l'ouvrier doit tâcher de les saisir chaque fois avec exactitude.

1394. Il est généralement reconnu que le grain de l'acier devient d'autant plus gros et d'autant plus blanc qu'on chauffe le métal plus fortement, pour le tremper. Plus le grain est fin, gris et mat, moins la chaude a été intense. Cependant l'acier soumis à un degré de chaleur qui se rapproche du point de fusion, n'acquiert ni le gros grain ni la texture blanche qu'il prendrait si la chaude était un peu moins intense; mais il devient extrêmement fragile.

C'est donc la couleur, la grosseur et l'éclat du grain qu'on doit consulter pour juger du degré de chaude qu'il faut donner à l'acier qu'on veut tremper.

Pour déterminer ce degré de chaude, Rinman propose de faire étirer l'acier, en pointe alongée, d'en chauffer le bout au blanc, ensorte qu'il soit encore rouge-brun à une distance de 5 à 8 centimètres de l'extrémité, de le plonger

Digitized by Google

verticalement dans de l'eau froide, d'en détacher ensuite de petits morceaux à des distances très-rapprochées, et d'apprécier le degré de chaude qu'on doit employer par l'aspect du grain joint à la dureté qu'on reconnaît au moyen d'une lime.

Cette expérience, qui devrait être répétée plusieurs fois, exigerait une grande habileté de la part de l'ouvrier : il serait obligé de se rappeler parfaitement les couleurs que l'acier chauffé possédait sur toute l'étendue de la pointe, afin de pouvoir lui donner une chaude égale à celle qui correspondrait à l'endroit où la trempe a été reconnue la meilleure.

1395. Voici un autre moyen qu'on peut employer, pour déterminer le degré de chaude auquel doit s'effectuer la trempe. On commence par forger la barre sous un marteau mouillé, jusqu'à ce qu'elle cesse d'être rouge-brun. Battue de cette manière, elle prend le grain le plus fin qu'elle soit susceptible d'acquérir, bien que l'acier se trouve encore à l'état mou. On la casse ensuite, et par un tâtonnement très-facile, on la chauffe à un degré de température, tel que le métal puisse recevoir par la trempe un grain aussi fin et plus clair que celui qu'il avait acquis par le battage. C'est là le degré de chaude auquel on doit tremper l'acier pour lui donner la plus grande dureté qu'il puisse acquérir sans affaiblir sa ténacité et sa résistance.

L'acier trempé ne doit pas être dépouillé de la couche d'oxide sur toute la surface de la barre. S'il découvre sur une grande étendue, on peut en conclure que la chaude a été trop intense. Si l'acier pouvait se tremper parfaitement bien, s'il était d'ailleurs tout à fait homogène, le recuit ne deviendrait nécessaire que pour des objets dont la résistance serait plus importante que la dureté. Par cette opération on ne peut d'ailleurs corriger les fautes com-

Digitized by Google

mises par la trempe; surchauffé et trempé ensuite, il perd son élasticité, et le recuit ne peut lui restituer cette précieuse qualité; surchauffé et refroidi lentement, il se trouve déjà détérioré. Dans ces cas, pour lui rendre sa ténacité, on est obligé, non-seulement de le chauffer de nouveau, mais aussi de le battre avec un marteau mouillé, pour resserrer son grain.

1396. Le liquide dans lequel on trempe le plus ordinairement l'acier est l'eau froide. Pour empêcher qu'elle ne s'échauffe, on doit se servir de préférence d'une eau courante: l'eau chaude durcit l'acier moins fortement que l'eau froide. On peut donc donner au métal une chaude un peu moins intense pendant l'hiver que pendant l'été, d'autant plus qu'alors on est à même de refroidir l'eau en y ajoutant de la neige ou de la glace.

On croyait anciennement que la nature de l'eau qui servait à la trempe exerçait une grande influence sur la bonté de l'acier. Il est assez vrai que l'eau de puits contenant des sels en dissolution, donne plus de dureté au métal que l'eau de rivière, mais cette différence est peu sensible: le point important, c'est la température de ce liquide.

Le mercure trempe plus fortement que l'eau, mais il aigrit l'acier; on ne peut donc s'en servir. Le plomb, l'étain, le bismuth, employés à l'état solide et mis en contact avec l'acier rouge de feu qui les ferait entrer en fusion, ont été proposés comme milieux réfrigérans: on n'en fait point d'usage.

Pour obtenir un degré de trempe plus ou moins faible, on peut agiter l'acier dans un air froid et humide ou l'exposer au courant d'air d'une machine soufflante.

Des objets fins et délicats peuvent se tremper entre les mâchoires d'un étau.

Tous les acides durcissent l'acier plus que ne fait l'eau

Digitized by Google

froide. C'est pour cette raison qu'on trempe les burins dans l'acide nitrique, mais il faut les laver tout de suite dans l'eau pure.

Quelquefois on trempe les lames de sabre dans le fraisil humecté d'eau, afin de mieux éviter les gerçures, suites de l'aigreur du métal.

Les corps gras, tels que l'huile, le suif, la cire et le savon, trempent moins fortement que l'eau. On les emploie avec beaucoup de succès, pour obvier aux gerçures qui se forment presque toujours sur les tranchans délicats, parce qu'il est presqu'impossible de donner au dos et au taillant le même degré de chaleur.

Il est en général très-difficile de tremper les instrumens dont le tranchant est très-fin : ils exigent les plus grands ménagemens et ne comportent pas l'emploi des milieux très-conducteurs du calorique, et préférables par conséquent pour les autres objets.

1397. La cause de la dureté que l'acier acquiert par la trempe a été suffisamment développée dans la première section. Si le milieu dans lequel on l'effectue est très-chaud, le refroidissement n'est plus assez instantané et le polycarbure commence alors à naître. Lorsque ce dernier est formé, il ne se détruit pas facilement; c'est ce qui est prouvé par une expérience fort intéressante de M. Gill; il en résulte que l'acier qui est chauffé à un degré de chaleur au-dessous de celui qui serait nécessaire pour le faire durcir par la trempe, se ramollit au contraire quand on le plonge dans l'eau, en sorte qu'après le refroidissement il est plus mou qu'il n'était avant la chaude.

1398. Les affineurs prétendent que les roses qui paraissent quelquefois dans la cassure de l'acier, en prouvent la bonté. Ces roses sont des taches d'une couleur jaune ou

Digitized by Google

rougeâtre sur le bord et bleu foncé vers le centre de la barre, dont le refroidissement a été plus lent. Elles se forment lorsqu'on trempe de grosses barres d'acier et qu'on les retire de l'eau avant qu'elles soient refroidies. L'eau entre alors dans les crevasses ou criques et fait naître probablement ces couleurs par sa décomposition : on ne les trouve que dans les aciers durs et aigres qui se gercent pendant la trempe. Elles ne peuvent donc être prises pour un signe de la bonté de l'acier, puisque le plus mauvais peut se gercer; mais elles prouvent du moins qu'il n'est pas ferreux et qu'il est susceptible d'acquérir une grande dureté. Du reste, le but des affineurs n'est pas de donner à l'acier une trempe convenable à sa nature; ils le chauffent toujours à un degré trop élevé, pour qu'il s'aigrisse, se gerce et se casse avec plus de facilité.

1399. L'acier qu'on veut tremper ne doit pas être exposé à une chaleur lentement progressive; on doit le chauffer avec rapidité au milieu de charbons incandescens, sains et de bonne qualité, et en donnant pourtant un vent faible, afin que le métal ne puisse s'oxider ni se couvrir d'une couche ferreuse. Les parties épaisses doivent être soumises à une plus haute température que les parties minces. On doit éviter le plus qu'il est possible, de donner des chaudes trop intenses.

Malgré toutes les précautions, il est très-difficile, ou pour mieux dire, il est impossible de saisir le degré de chaleur qui puisse donner à l'acier le plus de résistance, de dureté et d'élasticité. Il arrive très-souvent qu'il n'acquiert l'une de ces qualités qu'aux dépens de l'autre. S'il n'est pas assez dur, on peut y remédier en le trempant une seconde fois; s'il est trop aigre, on lui enlève, au moyen du *recuit,* une partie de la dureté acquise aux dépens de la ténacité. A mesure que ce recuit est plus fort,

Digitized by Google

la dureté diminue et la ténacité augmente : quant à l'élasticité, qui dépend à la fois de la dureté et de la ténacité, elle augmente d'abord avec l'intensité du recuit, et diminue ensuite avec la dureté. Il s'ensuit que les objets qui doivent être très-durs, ne peuvent subir qu'un faible recuit; souvent on le supprime entièrement. Le contraire a lieu pour les objets qui doivent offrir une grande résistance. Lorsqu'il faut qu'une pièce soit éminemment dure et tenace, on la fabrique avec un excellent acier fondu ou raffiné, et l'on cherche le degré de la trempe et celui du recuit par tâtonnement.

Pour donner le recuit, on chauffe les pièces jusqu'à ce qu'elles soient parvenues à l'une des couleurs qui précèdent la chaleur lumineuse (112 et suivantes). On qualifie par conséquent les recuits, jaune de paille, jaune d'or, rouge cuivreux, pourpre, violet et bleu foncé. Tous les instrumens qui doivent avoir plus de ténacité que de dureté, reçoivent le recuit bleu foncé, tandis que les outils qui doivent être très-durs ne se recuisent qu'au jaune de paille. On est obligé de polir les objets, ou d'en décaper la surface avant de les recuire.

DE L'ACIER DAMASSÉ.

1400. On appelle acier damassé celui qui, plongé dans des acides étendus d'eau ou dans des dissolutions de vitriol de fer ou d'alun, présente des dessins plus ou moins prononcés. La surface de l'acier qu'on veut soumettre à ces sortes d'opérations doit être polie afin de mieux faire ressortir les endroits clairs ou obscurs.

Il ne s'agit pas ici du faux damassé dont nous avons parlé dans la première section, et qu'on obtient en gravant les dessins qu'on veut obtenir sur un enduit dont on recouvre la surface de l'acier.

Digitized by Google

1401. Le vrai damassé est la preuve certaine du défaut d'homogénéité du métal.

Il n'existe peut-être aucun acier qui soit entièrement homogène, et qui, traité par les acides, ne présente une teinte damassée : l'acier fondu ne fait pas exception à cette règle, bien que le dessin produit ne puisse être distingué sans le secours d'une loupe.

Le damassé est en général d'autant moins prononcé, que le métal est plus mou. Cependant l'acier de cémentation, qui est un des moins riches en carbone, offre toujours un damassé à larges traits, parce qu'il se compose de parties molles et dures, ce qui est d'ailleurs la preuve de sa mauvaise qualité.

Il est rare que le fer ductile même soit tellement homogène qu'on ne puisse faire ressortir sur sa surface une légère teinte damassée.

Souvent on soude ensemble du fer mou et du fer dur, on l'étire en barres qu'on plie et qu'on ressoude plusieurs fois, pour produire par les dissolutions acides des veines plus déliées; l'acier se traite de la même manière. Les damassés qu'on forme de cette manière pourraient être qualifiés *d'artificiels*. Si ces étoffes se composent de bon acier, elles peuvent acquérir un haut degré de dureté et d'élasticité. Il est possible que les meilleures lames orientales se confectionnent de la sorte.

1402. L'acier de forge et l'acier de cémentation non raffinés présentent des damassés en larges bandes, qui se prolongent quelquefois sur toute la surface de l'objet et ne présentent jamais de beaux sablés ni des dessins variés et nuageux. Par un raffinage répété, on pourrait changer ces bandes larges en veines déliées; mais si l'opération se continuait trop long-temps l'acier perdrait de sa dureté. La mise en œuvre de ces aciers hétérogènes présente d'ail-

Digitized by Google

leurs un autre inconvénient; il se pourrait que les parties molles se prolongeassent sur le tranchant de l'objet qu'on voudrait fabriquer. On préfère donc souder ensemble des lames d'acier dur à des lames d'acier mou, qu'on remplace quelquefois par du fer forgé, parce qu'on est maître alors de préparer l'étoffe de manière que la partie dure règne le long du tranchant; tandis que les parties molles sont placées dans l'intérieur de la pièce, dont elles augmentent la ténacité ou la résistance. Le damassé, quel que soit le prix qu'on y attache, ne prouve rien en faveur de la qualité de l'acier; on peut affirmer au contraire que l'acier le meilleur et le plus homogène, est précisément le moins susceptible de prendre une teinte damassée.

1403. Le damassé naturel est celui qu'on fait ressortir sur la surface de l'acier fondu; il est le résultat des polycarbures formés dans l'intérieur de la masse, qui du reste est homogène. Il suffit donc qu'on laisse refroidir l'acier avec beaucoup de lenteur pour le rendre susceptible d'être damassé. Coulé dans des lingotières en fer, il ne jouit pas de cette propriété; mais il la reçoit si le refroidissement s'effectue très-lentement dans le creuset même. Cette différence qu'on remarque dans la manière d'être de l'acier est d'autant plus prononcée, qu'il renferme plus de carbone.

Si l'on retarde la congélation de l'acier liquide, il prend des soufflures et devient alors difficile à forger. On est donc obligé de la hâter, sauf à soumettre très-long-temps le métal solide à une chaleur assez forte, et de manière qu'il soit parfaitement protégé contre l'action de l'air; il devient alors plus mou après le refroidissement. Ces chaudes prolongées favorisent la naissance des polycarbures de la même manière qu'une lente congélation, et présentent l'avantage de rendre l'acier plus facile à traiter sous le marteau. Lors-

Digitized by Google

que la formation du polycarbure est parfaite, il ne se détruit plus par la trempe, et c'est par cette raison que l'acier très-riche en carbone, exposé long-temps à la chaleur, présente encore, après la trempe, une belle teinte damassée; tandis que l'acier porté rapidement à la chaleur rouge et trempé ensuite, laisse à peine apercevoir une trace de ces dessins.

La teinte damassée naturelle prouve aussi que l'acier se compose de parties plus dures et de parties plus molles; mais la différence de dureté qui en résulte, n'est pas aussi grande que celle qui existe entre les parties métalliques de l'acier damassé artificiel.

1404. Lorsque la teinte damassée est due aux polycarbures formés dans la masse de l'acier, le métal devenant homogène par une fusion suivie d'un refroidissement subit, perd la propriété de se damasser; il ne peut la reprendre que par une chaude long-temps prolongée.

Mais il existe des aciers fondus qui sont susceptibles de se damasser après une congélation subite et sans qu'ils aient été soumis ensuite à une chaude prolongée; ce sont les alliages de l'acier avec d'autres métaux, et peut-être aussi avec les bases des terres. Nous avons déjà parlé dans la première section des expériences nombreuses que MM. Stodart et Faraday ont faites sur cet objet; il paraît que leurs divers alliages à teintes damassées, ne sont pas de véritables combinaisons; on doit les regarder comme des mélanges intimes. C'est pour cette raison qu'un métal étranger, pris en petite dose, produit sur l'acier un effet tout différent de celui qu'il produirait sur le fer.

L'expérience nous fera voir plus tard, qu'en alliant l'acier à d'autres métaux, on pourra rarement améliorer celui qui est bon, et qu'on ne parviendra jamais à corriger les défauts de celui qui est d'une médiocre qualité.

Digitized by Google

Un acier extrêmement dur et devenant très-aigre par la trempe, peut acquérir plus de ténacité par la présence d'un métal étranger; mais on pourrait l'améliorer d'une manière plus certaine, en le chauffant très-long-temps à une haute température avant de le soumettre au martelage.

1405. L'art de confectionner les ouvrages damassés est très-ancien; il est probable qu'on l'a pratiqué d'abord dans la ville de Damas. Il paraît que dans l'Asie mineure, on s'est servi depuis des siècles de l'acier des Indes, pour fabriquer les objets les plus délicats, et que cet acier se tirait de la Perse.

Digitized by Google

TABLE

Des Ouvrages et des Auteurs cités par M. Karsten, *dans ce volume de la Métallurgie du fer.*

1102. Annales des Arts et Manufact., tome XXVIII, p. 205 à 221; 292 à 307. Sur les marteaux soulevés par la tête, *ib.* tome XL, p. 274.

1105. Herrmann, *Beschreibung des uralischen Erzgebirges*, tome I, p. 428 et suiv.

1147. Berthier, sur les scories de forges; Annales des Mines, tome VII, p. 377 à 402. — Walchner, *Archiv für Bergbau und Hüttenwesen*, tome VIII, p. 191, et *Schweiger's neues journal* IX, p. 65 et suiv. — Sefström; *Archiv* tome XIV, p. 202, et *jern kontorets. Annaler*, 1825. *Niondc argangen. Stockhohm*, 1826. Ire livraison, p. 172 et suiv. — Karsten, *Archiv f. B.* etc.; tome VIII, p. 255. Mitscherlich, Archiv., tome VII, p. 239.

1178. Herrmann, Dans *Crell's Beiträge*. Le même Beschreibung, etc., tome I, p. 246 à 426. — Hausmann's, *Reise durch Scandinavien*, tome V, p. 382, tome II, p. 306 et suiv. — Kohl, *Hausmann's norddeutschen Beitrg. zur Berg und Hüttenkunde*, tome I, p. 23 et suiv. — Eversmann, *Eisen und Stahlerzeugung*, etc., etc., p. 95 et 424. — Jars, Voyages métallurgiques, tome I, p. 131, 138, 172. — Gerhard, Notes ajoutées à la traduction des voyages métallurgiques de Jars, tome II, p. 702 et suiv. — Affinage par refroidissement pratiqué en *Schmalkalden; Quanz, über die Eisen und Stahl manipulation in der Herschaft Schmalkalden*, p. 120 à 142. — Tiemann's, *Versuch und Bermerk. über das Eisen. Braunschw.*, 1799, p. 61 à 101. — Rinman, tome I, p. 566 et suiv. — Gallois, sur les mesures à observer dans les dispositions des foyers de

Digitized by Google

forge et sur les instrumens qui servent aux ouvriers pour la détermination de ces mesures; Annales des Arts et Manuf., tome XXXI, p. 255 à 266, et Journal des Mines, n° 140, 141, tome XXIV, p. 105 et suiv., 161 et suiv. — Sur les essais qu'on fait subir au fer ductile en Sibérie; HERRMANN, *Beschreibung*, etc., tome I, p. 427. — Soins donnés en Suède au forgeage du fer en barres; Voyages métallurgiques de JARS, tome I, p. 149. — *Modus recoquendi ferrum crudum*, etc., SWENDENBORG, *De ferro*, p. 72 et suiv. — ABT, sur l'emploi de la houille pour la préparation du fer; *Archiv f. B.*, tome III, p. 107.

1179. RINMAN, tome I, p. 569 et suiv. — JERN KONTORETS; *Annaler* 1824, tome VIII, p. 169.

1180. RINMAN, tome I, p. 571.

1181. RINMAN, tome I, p. 572.

1182. RINMAN, tome I, p. 573. — JARS, voyage métallurgique, tome I. — JERN KONTORETS, *Annaler* 1823, tome VII, p. 120.

1183. RINMAN, tome I, p. 577 à 582.

1185. EVERSMANN, p. 88, et suiv., 437 et suiv. — RINMAN, tome I, p. 562 à 566. — JERN KONTORETS, *Annaler* 1823, tome VII, p. 115.

1186. QUANZ, p. 100 à 119. — RINMAN, tome I, p. 582 à 586. — KARSTEN, *Archiv*, tome VIII, p. 239.

1187. SCHINDLER, *Preisfragen über den Unterschied Zwischen Roheisen und Stabeisen*, p. 148, 170, 186. — MARCHER *Beiträge zur Eisenhüttenkunde* II, tome I, p. 160 à 175. — KARSTEN, *métallurgische Reise*, p. 400 à 406.

1188. EVERSMANN *Eisen und Stahlerzeugung*, etc. p. 50 à 53.

1189. *Ib.*, p. 215 à 226. — RINMAN, tome I, p. 556 à 562.

1190. RINMAN, tome I, p. 553 à 556.

1191. KARSTEN, *métallurgische Reise*, p. 328.

1192. MARCHER, tome I, p. 290 et suiv. — GUEYMARD, Mé-

Digitized by Google

moire sur un perfectionnement de la méthode dite bergamasque, pour l'affinage de la fonte; Journal des Mines, n° CXCVII, p. 327 à 338. *Prechtl, Vorschlag zur Verbesserung des Eisenfrischprocesses; Schweiger's neues Journal für Chemie und Physik,* tome X, p. 96 à 107.

1193. Jars, tome I, p. 168 et 169. — Rinman, tome I, p. 576 et suiv.

1194. Karsten, *métallurgische Reise,* p. 149.

1199. Voyages métallurgiques de Jars, tome I, p. 46 et suiv. — Herrmann, *Nachricht von der Eisen und Stahl-Manipulation bei den Gräfflich Ladronischen Eisenhütten in Kärnthen, Beiträge zur Physik, Oekonomie, Technologie,* etc. tome II, p. 95 et suiv. Le même, Voyage en Autriche, en Styrie, etc., tome I, p. 133. — *Beschreibung vom Eisen und Stahl Schmelzen in Steyermark; Ferber's phys-metallurgische Abhandlung,* p. 273 et suiv. — Klinghammer, *von Eisenwerken und Stahlfabriken in Steyermark; Bergmänn. Journal,* tome I, p. 224 et suiv. — *Marcher,* 2me partie, tome I, p. 282 et suiv. — Rambourg, Sur la fabrication du fer et de l'acier dans les forges de la Styrie; Journal des Mines, tome XV, n° 90, p. 436 à 445. — Karsten, *métallurgische Reise,* p. 179, 191, 297, 335, 400.

1201. Berthier, Journal des Mines, n° XXIII, p. 177 à 189. Annales des Mines, tome VII, p. 377 (1822); tome IX, p. 795 (1824); Archiv., tome VII, p. 338. — Karsten, *Métallurgische Reise,* p. 419 à 432.

1202. Rinman, tome II, p. 692.

1209. De Bonnard, Sur un procédé particulier, en usage dans l'Eiffel, pour l'affinage de la fonte; Journal des Mines, tome XV, n° 102, p. 455 à 469. — Fulda, sur les usines à fer de la vallée de Schleidener dans l'Eiffel; *Archiv f. B.,* etc., tome VII, p. 9 à 30.

1210. Procédé pour faire blanchir la fonte dans le haut fourneau même; *Archiv f. B.,* etc., tome XIII, p. 207.

1218. Notice sur le traitement du fer par la houille, prati-

Digitized by Google

qué en Angleterre; Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, tome XVII, p. 322 à 331. — Af Uhr, *Archiv f. B.*, etc., tome XI, p. 331.

1221. Karsten, Mémoire de l'Académie de Berlin (1824), p. 52.

1245. Harford, améliorations qu'il faut apporter aux foyers de chaufferie *Archiv f. B.*, etc., tome VIII, p. 186.

1246. Berthier, sur les scories qui proviennent de l'affinage de la fonte de fer par la méthode Anglaise; Annales des Mines, tome IX, p. 795. — Affinage de la fonte de fer au four à réverbère, par le moyen de la tourbe. Annales des Mines, tome XIII, p. 521.

1248. Coquebert, sur un procédé inventé en Angleterre, pour convertir toute espèce de fonte en excellent fer forgé; Journal des Mines, tome I, n° 6, p. 27 à 34, et Annales des Arts et Manufactures, tome I, p. 148 à 178. — Sur les procédés usités en Angleterre pour le traitement du fer par le moyen de la houille; Annales des Arts, tome XXI, p. 113 à 120; tom XXIII, p. 113 à 151; 225 à 254; tome XXIV, p. 44 à 62; Journal des Mines, tome XIV, p. 245; Notice sur le traitement du fer par la houille pratiqué en Angleterre; Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, tome XXVII, p. 322 à 331. — Af Uhr, des essais qu'on a faits en Suède sur l'affinage du fer dans les fours pudlings; et des procédés suivis en Angleterre; *Archiv f. Bergbau*, tome XI, p. 315 à 350.

1252. Rinman, tome I, p. 547 à 552. — Ole evenstad, Mémoire sur les minérais de prairie dans la Norwége et de leur traitement dans les foyers dits fourneaux de paysans, traduit du danois en allemand, par Blumhof. — Norberg, Sur les fourneaux à manche, etc., p. 28 et suiv.

1255. Voith, Sur l'affinage immédiat des minérais, d'après la méthode suivie dans le Palatinat; *Neues bergmänisches Journal*, tome II, p. 357 et suiv. — Norberg, ouvrage cité précédemment, p. 28. — Rinman, tome I, p. 533 et suiv.

1256. Tronson du Coudray, Mémoire sur les forges catalanes.

Digitized by Google

Paris, chez Ruault, 1775. — De Lapeyrouse, Traité sur les mines de fer et les forges du comté de Foix, p. 156. — Muthuon, traité des forges dites catalanes, etc. Turin, 1808. Voyez aussi le Journal des Mines, tome II, n° 11, p. 1; tome XXII, n° 127, p. 12; n° 129, p. 241; tome XXVI, n° 151, p. 7; tome XXVII, n° 159, p. 181. Sur l'emploi du charbon de houille dans le traitement du minérai de fer aux forges à la catalane, *ib.* tome XIX, n° 11, p. 135, et tome XX, n° 115, p. 75. — Gueymard, Mémoire sur les forges catalanes de Pinsot, situées dans l'arrondissement de Grenoble; Annales des Mines, tome I, p. 385 à 397. — Berthier, des minérais de fer de la vallée des arques, etc., Journal des Mines, n° XXVII, p. 193 à 212. Le même; Journal des Mines, n° XXVIII, p. 101 et suiv. — Combes, sur les forges catalanes de Gincla et Sahorre; Annales des Mines, tome IX, p. 329.

1257. Rinman, tome I, p. 537 à 543.

1258. Swedenborg, *De Ferro*, p. 151.

1259. Svedenstierna, Voyage en Angleterre et en Ecosse, p. 143.

1260. Rinman, tome I, p. 474.

1262. Le même, tome I, p. 465 à 476. — Annales des Arts et Manufactures, tome XL, p. 257.

1265. Rinman, tome I, p. 368 à 374. — Quanz, sur le traitement des scories dans des foyers de forge, *Crell's*, Ann. pour 1803, tome I, p. 77 à 87 et 161 à 175. — Stunkel, *Beschreibung der Eisenhütten am Harz*, p. 164 et 388. — Blumhof, sur le traitement des scories de forge dans les flussofen, d'après le procédé de Stockenstrœm; Journal *für Fabriken, Manufacturen, Handlung, und Mode*, mars, 1805, p. 197. — Marcher, *Notizen und Bemerkungen uber den Betrieb der Hohöfen und Rennwerke*, deuxième cahier, p. 78 à 103. — Du traitement des scories dans des hauts fourneaux pratiqué en Sibérie, Norberg, sur les fourneaux à manche, p. 23. — Jordan, sur la nature et le traitement des scories de forge. *Jordan's und Hesse's Magasin f. Eisenberg und Hüttenkunde*, tome I, troisième cahier, p. 197 à 230. — Ström, sur le trai-

Digitized by Google

tement des scories de forge dans les hauts fourneaux; Archiv. tome VII, p. 274 et suiv. — BERTHIER, Sur la nature des scories des forges catalanes et des foyers d'affinerie; Annales des Mines, tome VII, p. 377 à 402.

1266. RINMAN, tome I, p. 646 à 676. — BRANDT, Essais et Observations sur les fers rouverins et cassans à froid; Mémoires de l'Académie de Suède, tome XIII, p. 212, et *Crell's, chemisches Archiv* tome V, p. 91 à 93. — Annales des Arts et Manufactures, tome XXXVI, p. 210; tome XXXVIII, p. 225 et suiv.; tome XXXIX, p. 85 et suiv.; et Journal des Mines, n°s 63, 75, 79, 100. — KARSTEN, sur la préparation et l'affinage de la fonte obtenue des minérais de fers terreux limoneux; *Archiv f. Bergbau*, tome XV, p. 3 à 66.

1287. RINMAN, tome I, p. 643 et suiv.

1289. Le même, tome II, p. 594 et suiv. — BROKEDON, *Archiv f. Bergbau*, tome VI, p. 427.

1301. RINMAN, Sur l'amélioration du gros fer et du gros acier, traduit du suédois en allemand, p. 199 à 229. Vienne, 1790. — EVERSMANN, dans l'ouvrage déjà cité, p. 266 et suiv. — DUHAMEL DU MONCEAU, Art de réduire le fer en fil; description des arts et métiers, tome I. — *Moll's, Jahrbücher de Berg und Hüttenkunde*, tome I, p. 55 et suiv. — MOUCHEL, Sur la fabrication du fil de fer et d'acier; Journal des Mines, tome XXII, n° 127, p. 63 à 80. — POLHEM, Sur la fabrication du fil d'archal; *Schreber's Sammlungen*, tome XII, p. 385.

1314. RINMAN, Sur l'amélioration du gros fer et du gros acier; traduction en allemand, p. 99 à 135. — Le même, Histoire du fer, tome I, p. 60 à 66; tome II, p. 120 à 125. — Notes de GERHARD, traduction des Voyages métallurgiques de Jars, tome II, p. 733 à 744. — JUSTI, *Manufact. und fabriken*, tome II, p. 346 à 352. — *Sprengel's, Handwerke und Künste*, 5e livraison, p. 150 à 156. — REUSS, *minéralogische Bemerk. über Böhmen*, p. 654 et suiv. — JARS, tome I, p. 75 et suiv., — EVERSMANN, p. 119 à 247; Annales des Arts et Manufactures, tome XXV, p. 215 à 219. — RÉAUMUR, Principes de l'art de faire le fer blanc; Mémoires de l'Académie royale des sciences,

Digitized by Google

1725, p. 102. — GRAVENHORST, *Anweisung zur Verzinnung der kupfernen, messingenen und eisernen Gefässe mit reinem englischem Zinn, Braunschweig*, 1774. — ZIEGLER, De la confection des cuillers étamées, *Beckmann's Beiträgen zur Ock. Technologie*, etc. tome V, p. 138. — HASSENFRATZ, *Sidérotechnie*, tome III, p. 269 à 300.

1315. RINMAN, *Archiv f. Bergbau*, etc., tome XIV, p. 223.

1321. Mémoire de SAMUEL PARKÈS, sur la fabrication du fer blanc en Angleterre; Annales des Mines, tome IV, p. 635. Addition à ce mémoire, tome VI, p. 337. Voyez aussi *Archiv f. Bergbau*, tome III, p. 134 et 156. — ECKARDT et KRIGAR, *über die Englische Weissblech fabrication*, p. 157 à 167.

1328. STÜNKEL, Influence du manganèse dans la production du fer en grand; *N. Bergmann. Journ.*, tome III, p. 443 et suiv.; et Journal des Mines, tome XVI, p. 173 et suiv. — RINMAN, Histoire du Fer, tome II, p. 144 et suiv.; 524 et suiv. — HASSENFRATZ, Sidérotechnie, tome IV, p. 69 à 81. — GAZERAN, Observations sur la constitution des aciers; Annales de Chimie, tome XXXVI, p. 61 à 70. — HERRMANN, Sur l'acier et les minérais qui le donnent facilement; *Crell's, Ann.* pour 1789, tome I, p. 195. Le même, Sur la production de l'acier, dans *Pallas, neuen nordischen Beiträgen*, tome III, p. 354 et suiv. — RÉAUMUR, L'art d'adoucir le fer fondu, premier mémoire. — QUANZ, ouvrage cité précédemment, p. 184 à 194. — KARSTEN, Influence de la température sur la nature des produits qu'on obtient par la fusion des minérais dans les hauts fourneaux; *Archiv für Bergbau*, etc., tome XIII, p. 211 et suiv.; traduit en français dans les Annales des Mines, 1827, 2me série, tome I, p. 209.

1330. JARS, Voyages métallurgiques, tome I, p. 44 à 46. — RINMAN, Amélioration du fer et de l'acier, traduction allemande, p. 248 et suiv.

1332. RINMAN, Histoire du fer, tome II, p. 516 et suiv.

1342. RINMAN, tome II, p. 535 à 546. — STÜNKEL, *Beschreibung der Eisenbergwerke und Eisenhütten am Harze*, p. 182 et suiv., 341 et suiv. — QUANZ, p. 153 à 184.

Digitized by Google

1343. Eversmann, ouvrage précité, p. 44 et suiv.; 208 et suiv. — Quanz, p. 166.

1347. Rinman, tome II, p. 529 et suiv. — Jars, Voyages métallurgiques, tome I, p. 49 et 50. — Rambourg, Suite du mémoire sur la fabrication du fer et de l'acier dans les forges de la Styrie; Journal des Mines, tome XV, n° 89, p. 380 à 389. — Karsten, *métallurgiscke Reise*, p. 407 et suiv.

1350. Rinman, tome II, p. 531 et suiv. — Herrmann, *Nachricht von der Eisen und Stahl Manipulation bei den Ladronischen Eisenhütten. in Kärnthen; Beiträge zur Phys. Oek. Technologie*, tome II, p. 95 à 114. Le même, *Beschreibung der Manipulation, durch welche in Steyermark Kärnthen und Krain der berühmte Brescianstalhl verfertigt wird. Wien* 1781. — Jars, tome I, p. 55 et suiv. — Karsten, *Métallurgische Reise*, p. 249 et suiv.

1351. Baillet et Rambourg, Sur la fabrication des aciers de fonte du département de l'Isère, comparée à celle du département de la Nièvre et à celle de Carinthie; Journal des Mines, n° 4, p. 3 à 23.

1352. Herrmann, *Mineralog. Besch. d. Ural. Erzg*, tome I, p. 429. — Rinman, tome II, p. 593 et suiv.

1357. Rinman, tome II, p. 547 et suiv. — Eversmann, p. 235, à 241. — Jars, tome I, p. 84. — Rinman, Sur l'amélioration du fer et de l'acier, traduction allemande, p. 271 à 289. — Rambourg, Sur la fabrication de l'acier raffiné dans les forges de la Styrie; Journal des Mines, tome XV, n° 89, p. 389 à 396. — Karsten, *Métallurgische Reise*, p. 409 et suiv.

1358. Réaumur, L'art de convertir le fer forgé en acier, Paris 1722.

1374. Rinman, tome II, p. 601 à 639. Le même, sur l'amélioration du fer et de l'acier, traduction allemande, p. 298 à 326. — Swedenstierna, *Reise durch England und Schottland*, traduit en allemand par Blumhof, p. 102. — Jars, tome I, p. 174 et suiv., 221., et suiv., 256 et 257. — Sur la cémentation, *Crell's chem. Ann. f.* 1792, tome I, p. 554. — Sur la fabrication de

Digitized by Google

l'acier de cémentation; *Scherers's chem Journal*, tome IX, p. 64. —*Om jœrnets forwandling listal; praes. Gadd. resp.* KORSEMANN. Abo, 1766. — GRIGNON, Observations sur la Physique, tome XX, p. 184. — GUYTON MORVEAU, Sur la théorie de la conversion du fer en acier; Journal de Physique, tome XXIX, p. 308. Le même, Sur la conversion du fer doux en acier fondu, par le diamant; Annales de Chimie, tome XXXI, p. 328. — Sur la fabrication de l'acier; Annales des Arts, tome I, p. 34 à 47. — RÉAUMUR, dans l'ouvrage précité. — Sur la fabrication de l'acier, dans les Annales des Arts, tome I, p. 34 à 47.

1375. RINMAN, tome II, p. 666 à 679. — JARS, tome I, p. 227 et 229.

1378. BRÉANT, Annales de Chimie et de Physique, tome XXIV, p. 388 à 396. — MUSHET, *Tilloch's philosph. magazine,* tome IX, p. 235 à 239. *Archiv f. Bergbau,* tome IX, p. 397.

1380. BUCHANAN, *Journey from madras tkrough the countries of Mysore Canara and Malabar*, 3 volumes. *London*, 1807. Extrait dans les *Archiv f. Bergbau*, etc., tome IX, p. 265 et suiv. — *A brief report of the manner used by the natives of northen Circars in smelting iron with some observations by Doctor B. Heyne. Oriental reportery published at the charge of the East india compagny by Dalrymple London.* 1808, tome II, p. 485 à 496; *Archiv f. Bergbau*, etc. tome IX, p. 291 et suiv.

1381. PEARSON, *Exprimentś and observations to investigate the nature of a kind of steel, manufactured ad Bombay, and there called Wootz*, etc. *Repertory of arts and manufactures*, tome V, p. 45 et suiv.; p. 107 et suiv. — FRANCKLAND, *Om welding cast steel; Repertory of arts and manufactures*, tome V, p. 327 329. — GILL, Sur la soudure de l'acier fondu et de la fonte de fer; Annales des mines, tome VI, p. 621. — Annales de l'industrie, n° 42, p. 272, (1823).

1388. JARS, tome I, p. 257 et 258. — SVEDENSTIERNA *Reise*, etc., p. 96 et suiv. — Sur quelques nouvelles méthodes de fabriquer de l'acier fondu; Annales des Arts, tome VII, p. 240 à

Digitized by Google

258.—Expériences sur de l'acier fondu en France; Annales des Arts, tome XXXIII, p. 79 à 88. — Avis aux ouvriers en fer sur la fabrication de l'acier, par VANDERMONDE, MONGE et BERTHOLLET; Annales de Chimie, tome XIX, p. 1 à 46. — CLOUET, Observations sur la manière de produire les aciers fondus, et sur les fourneaux qui conviennent pour cette opération; Journal des Mines, n° 49, p. 9 à 12.—SMITH, Sur la fabrication de l'acier coulé; Journal des Mines, n° 73, p. 59 et 60. — Résultat d'une expérience qui a été faite sur l'acier fondu, par MM. Poncelet frères; Journal des Mines, n° 145, p. 35 à 42. — GILLET LAUMOND, Rapport fait à la société d'encouragement, au nom du comité des Arts chimiques, sur l'acier fondu, et sur plusieurs variétés nouvelles d'acier; Journal des Mines, n° 151, p. 5 à 26. — BROLING, sur l'acier fondu, *Archiv. f. Bergbau*, etc., tome VIII, p. 342.

1390. RÉAUMUR, L'art de convertir le fer forgé en acier, p. 338.—RINMAN, tome I, p. 220 à 228.

1392. GILL, Moyens d'adoucir l'acier; Annales des Mines, tome VII, p. 611, et *Archiv*, tome III, p. 81.

1397. GILL, Moyen perfectionné d'adoucir l'acier; *Repertory of arts*, etc., tome XLII, p. 233; *Archiv f. Bergbau*, tome VIII, p. 192.

1399. RINMAN, tome I, p. 248; tome II, p. 648 à 666. — Le même sur l'amélioration des gros fers et aciers, traduction allemande, p. 265 à 271. — RÉAUMUR, L'art de convertir le fer forgé en acier; onzième et douzième mémoire. — PERRET, Mémoire sur l'acier, ses qualités, son emploi et sa trempe, ouvrage couronné, Paris 1779. — POLHEM, De la trempe de l'acier; *Schreber's Samnelungen*, tome XII, p. 367 et suiv. — LAURAUS, De la manière de tremper une espèce d'acier pour toutes sortes d'usages; Mémoires suédois, tome X, p. 68, et *Crell's neuem chem. Archiv* tome V, p. 69 et suiv. — ANGERSTEIN, *Om Stalhærdning*; *Hushallnings* journal 1778. Septembre, p. 35 et suiv.—Du recuit de l'acier trempé; HILDT's *Handlungszeitung* 1786, p. 172. — CAMPER, Sur la trempe de l'acier, traduit du hollandais en allemand, par Herbell, tome I, p. 123. —Sur la trempe de l'acier; Annales

des Arts, tome I, p. 135 à 147. — Observations sur la trempe de l'acier, *ib.* tome II, p. 49 à 52. — LYDIATT, Essais et Résultats pratiques sur la trempe de l'acier; *Schweiger's N. Journ. f. Chemie u. Physik.* tome XI, p. 51. Additions de Nicholson et Schweigger; *ib.* 52 et suiv.

1405. RINMAN, tome I, p. 104; tome II, p. 428 à 439. — HERRMANN, Sur la préparation de l'acier damassé; *Crell's chem Ann.*, pour 1792, tome II, p. 99 à 108; *ib.* pour 1802, tome I, p. 13 à 24. — WASTRÖM, Description d'une arme à feu damassée ou composée de fer et d'acier dans les mémoires de l'Académie royale de Suède, tome XXXV, p. 290 à 296; additions de Rinman, *ib.* page 297 à 299. — Sur la fabrication des étoffes de fer et d'acier, ou des mélanges connus sous le nom d'acier de damas; Annales des Arts et Manufactures tome II, p. 37 à 48. — CLOUET, Sur la fabrication des lames figurées dites lames de damas. Journal des Mines, tome XV, n° 90, p. 421 à 435; et Annales des Arts, tome XVII, p. 229 à 248. — Rapport fait par M. HERICART de THURY, sur les lames damassées de M. Degrand Gurgey. Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale 1820, p. 93; second rapport 1821, p. 37. Le même, sur les aciers damassés de Sir-Henry, *ib.* — BREANT, Bulletin de la Société d'encouragement pour 1823, p. 22 et suiv. — BARKER, Procédé employé dans les Indes pour rétablir le damassé sur les lames orientales. *The Annual. registre, or à view of the history, politic und litteratur for the year,* 1818, p. 599 à 602; *Archiv für Bergbau*, etc., tome IX, p. 316 et suiv. — CRIVELLI, Sur la confection des lames damassées qu'on obtient en soudant ensemble du fer et de l'acier; *Archiv. f. B.*, tome IX; p. 401. — STODART et FARADAY; Annales des Mines, tome VI, p. 260, 265 à 280; et Annales de Chimie et de Physique, tome XXI, p. 62. — BAGNOLD, Sur la préparation de l'acier damassé artificiel, d'après les procédés employés dans les Indes. *Trans. of the Societ. for the encouragement of arts, manufactures and commerce,* tome XLIII; ou dans *Gill's tech. repository,* tome IX, p. 155, ou bien dans les *Archiv f. Berbau,* etc. tome XIV, p. 456.

Digitized by Google

TABLE ALPHABETIQUE

PAR ORDRE DE MATIÈRES,

AVEC LES NOMS TECHNIQUES FRANÇAIS ET ALLEMANDS EMPLOYÉS DANS LA MÉTALLURGIE DU FER.

A.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

B.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

G.

Digitized by Google

H.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

L.

Digitized by Google

M.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

N.

Digitized by Google

O.

Digitized by Google

P.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Q.

R.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

T.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

U.

Digitized by Google

V.

Digitized by Google

Z.

FIN DU TROISIÈME ET DERNIER VOLUME.

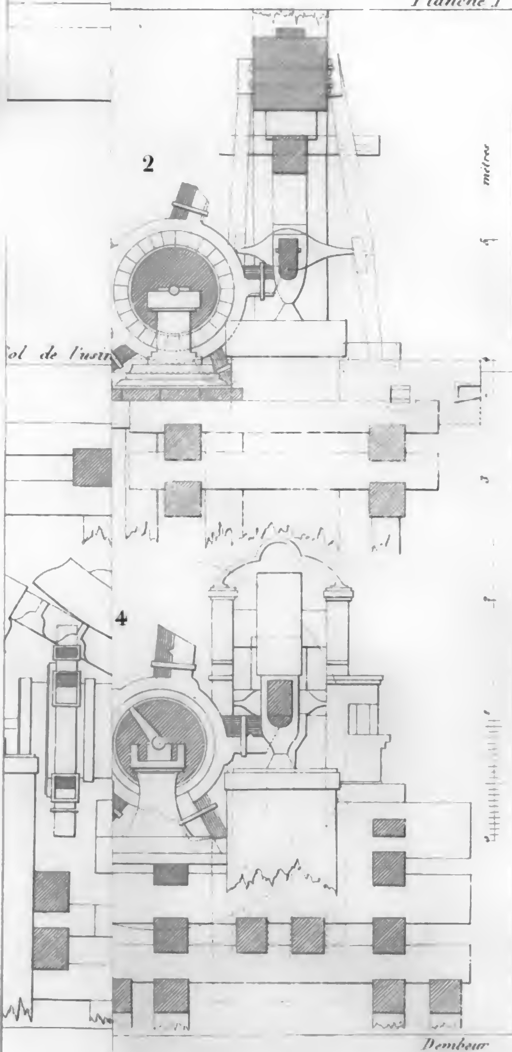
606914

SBN

Digitized by Google

Digitized by Google

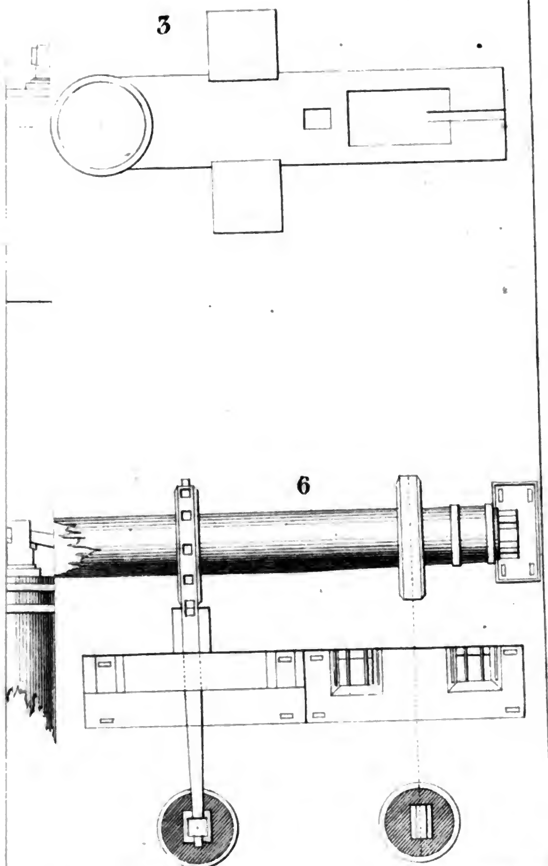
Planche I



Digitized by Google


NAPOLI

Digitized by Google

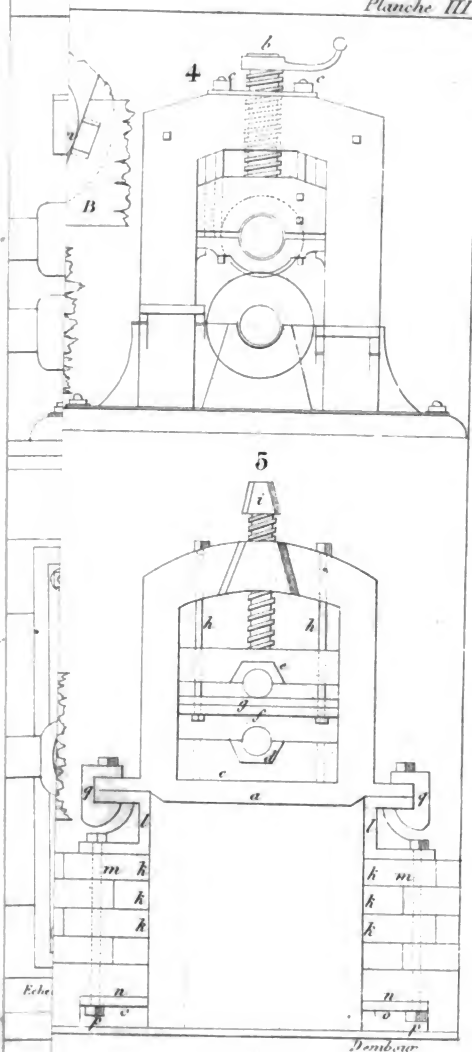


Dembour

Digitized by Google



Digitized by Google



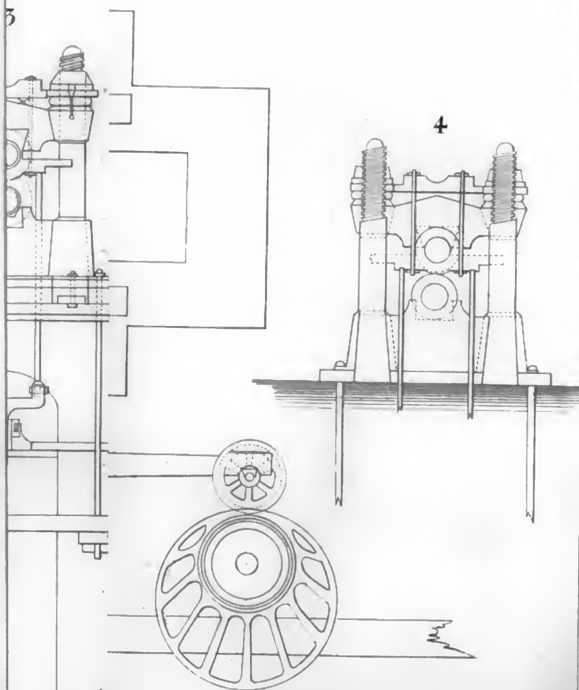
Digitized by Google



Digitized by Google

Planche IV

5 mètres



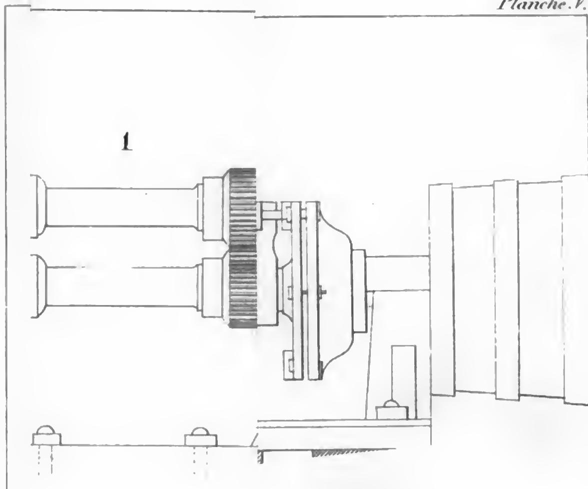
Dembour

Digitized by Google





Digitized by Google





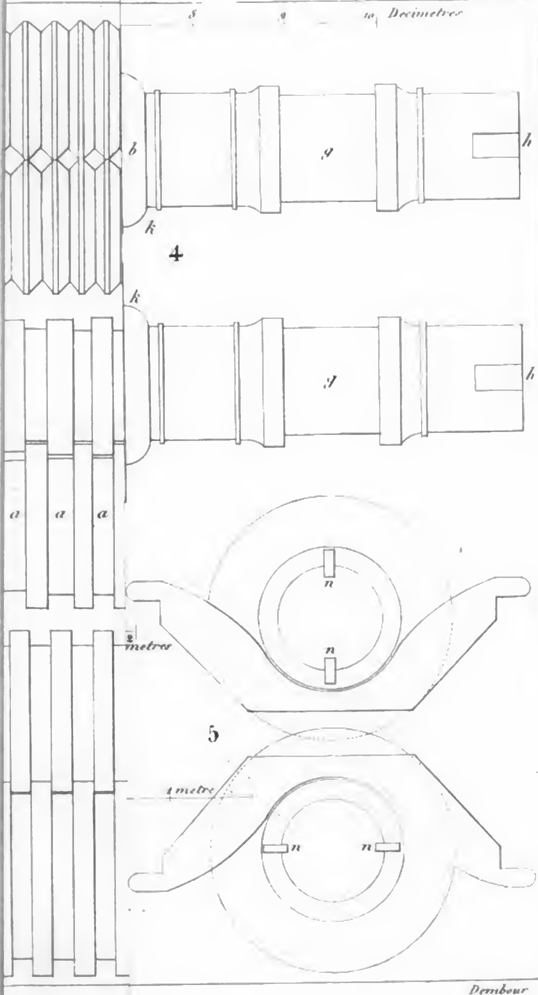
Dembour

Digitized by Google



Digitized by Google

Planche VI

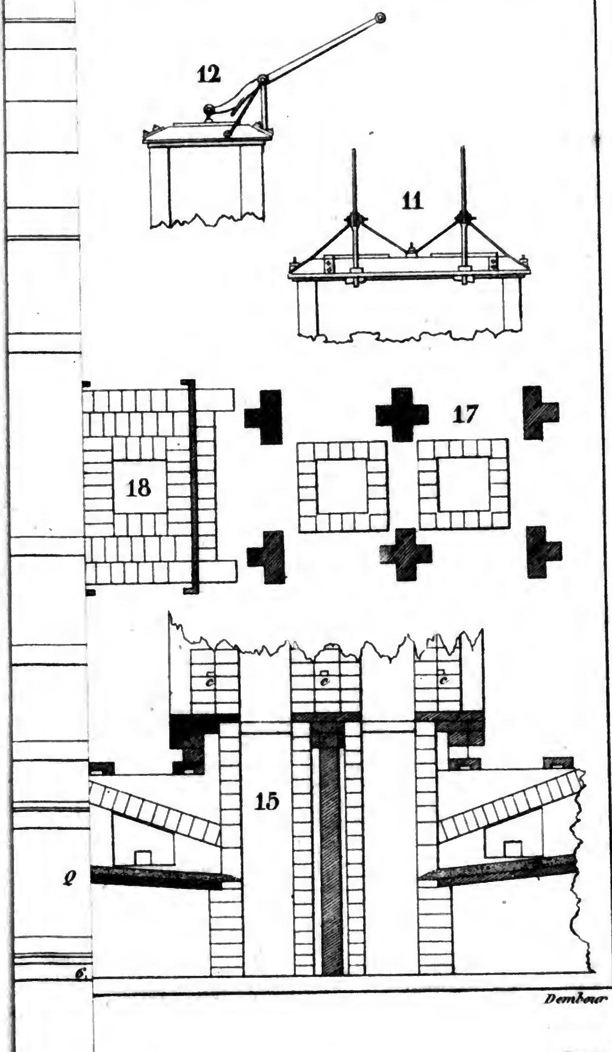


Dembour

Digitized by Google



Digitized by Google

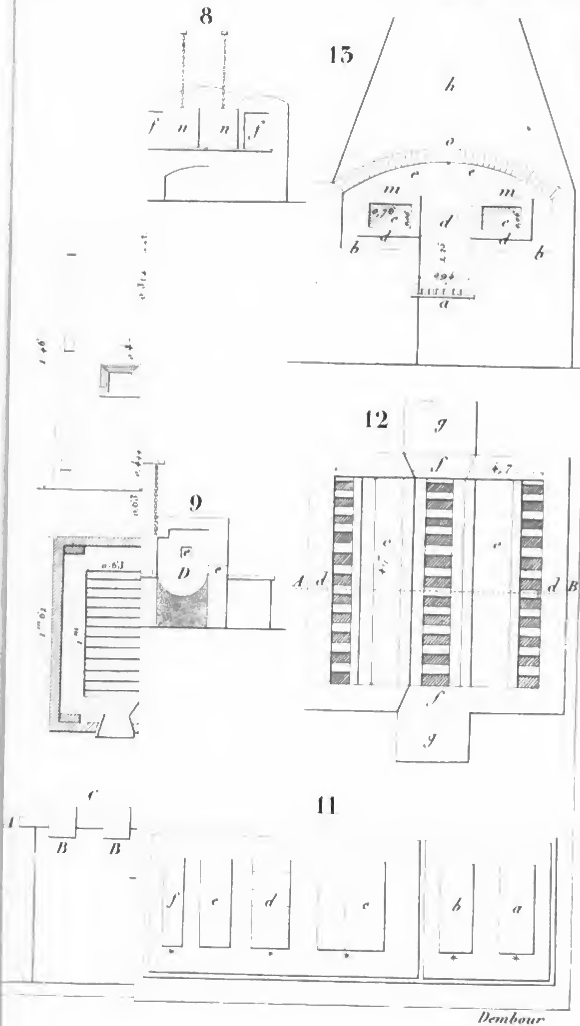


Dembour

Digitized by Google



Digitized by Google



Dembour

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google